



TUGAS AKHIR - MO141326

**ANALISA PERBANDINGAN HASIL PENGELASAN MENGGUNAKAN
METODE SMAW DAN METODE GMAW TERHADAP KETAHANAN
BENDING PADA SAMBUNGAN ALUMINIUM SERI 5083**

Fahmy Pamungkas

NRP. 4311 100 094

Dosen Pembimbing:

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Tekonolgi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



FINAL PROJECT - MO141326

**A COMPARATIVE ANALYSIS RESULT OF THE WELDING USING
SMAW AND GMAW METHODS AGAINST BENDING RESISTANCE
IN 5083 SERIES ALUMINIUM JOINT**

Fahmy Pamungkas

REG. 4311 100 094

Supervisors:

Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016

**ANALISA PERBANDINGAN HASIL PENGELASAN MENGGUNAKAN METODE
SMAW DAN METODE GMAW TERHADAP KETAHANAN *BENDING* PADA
SAMBUNGAN ALUMINIUM SERI 5083**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi
Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh



FAHMY PAMUNGKAS

NRP 4311 100 094

Disetujui oleh:

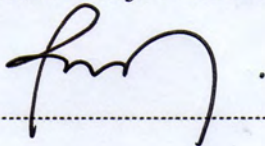
1. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

(Pembimbing 1)



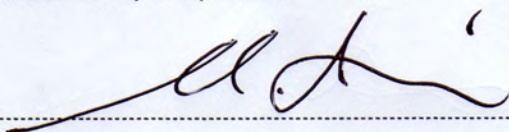
2. Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T

(Penguji 1)



3. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.

(Penguji 2)



SURABAYA, JANUARI 2016

**ANALISA PERBANDINGAN HASIL PENGELASAN MENGGUNAKAN
METODE SMAW DAN METODE GMAW TERHADAP KETAHANAN
BENDING PADA SAMBUNGAN ALUMINIUM SERI 5083**

Nama Mahasiswa : Fahmy Pamungkas
NRP : 4311 100 094
Jurusan : Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Dosen Pembimbing : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa metode pengelasan mana yang lebih baik digunakan untuk aluminium seri 5083. Pengelasan pada penelitian kali ini menggunakan dua metode, yaitu metode pengelasan SMAW dan metode pengelasan GMAW. Dilakukan sebuah penelitian dengan membiarkan material aluminium seri 5083 di ruangan terbuka (atmosfir) dengan melakukan pembersihan terlebih dahulu. Pembersihan antara lain menggunakan alkohol 95%, penggerindaan, penggerindaan dan larutan kimia NaOH 10% dengan dipanaskan sampai temperatur 72⁰C selama 45 detik kemudian dibasuh dengan air + Nitrat Absolut 15% selama 2 menit kemudian dicuci dengan air dingin dan air panas lalu dikeringkan. Aluminium seri 5083 H116 merupakan material paduan unsur Al (aluminium) dan unsur magnesium (Mg) yang pembuatannya dengan cara *strain hardening* sehingga menciptakan material aluminium yang anti korosi serta memiliki kekuatan yang baik. Pengelasan aluminium memiliki permasalahan antara lain yaitu lapisan pasifnya (Al₂O₃) dimana apabila senyawa ini bereaksi dengan uap air akan menjadi *Hydrated alumina* saat aluminium terpapar dalam udara bebas pada waktu tertentu dan akan menimbulkan *porosity* apabila dilakukan pengelasan. Dalam kasus ini, dicari metode yang tepat supaya hasil kualitas pengelasan yang baik pada material aluminium seri 5083 H116 ini. Hasilnya dari penelitian ini adalah metode pengelasan yang paling baik untuk menyambung material aluminium seri 5083 yaitu menggunakan metode pengelasan GMAW dengan hasil porositas yang lebih sedikit daripada metode pengelasan SMAW dan juga dengan menggunakan metode pengelasan GMAW lebih mudah untuk dilakukan jika pekerjaan berada ditempat yang terjangkau oleh gas argon, tetapi sangat susah dilakukan jika pekerjaan berada ditempat yang susah dijangkau oleh gas argon dan terpaksa akan dilakukan pengelasan menggunakan metode pengelasan SMAW.

Kata kunci : Aluminium seri 5083, Al₂O₃, Pembersihan Aluminium seri 5083

**A COMPARATIVE ANALYSIS RESULT OF THE WELDING USING SMAW
AND GMAW METHODS AGAINST BENDING RESISTANCE IN 5083
SERIES ALUMINIUM JOINT**

Name : Fahmy Pammungkas
Reg. Number : 4311 100 094
Department : Department of Ocean Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Advisors : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the welding method which is better used for aluminum series 5083. Welding in the present study using two methods, namely welding SMAW and GMAW welding method. The study conducted by letting the material aluminium with 5083 series in the outdoor (the atmosphere) by doing the cleaning in advance. Cleaning, among others, use alcohol 95%, grinding, grinding and chemical solution with 10% NaOH heated to a temperature of 720C for 45 seconds and then washed with water + Nitrate Absolut 15% for 2 minutes then washed with cold water and hot water and then dried. Aluminum welding quality depends on the cleanliness and dryness of the metal with a thin layer of aluminum oxide (Al_2O_3). The emergence of a layer of aluminum oxide is the result of the aluminum oxide (Al) and oxygen (O_2), which is a natural protection to prevent corrosion so that the protective layer will give you an advantage. The problem arises when the aluminum oxide has been contaminated by moisture (H_2O) because it is so hollow aluminum layer (porous) and can absorb moisture or other hydrocarbon sources that grow thickened into Hydrated - alumina oxide ($Al_2O_3 \cdot H_2O$) has a chemical coating that causes water mixed porosity. The result of this research is a method of welding the most good to connect aluminum material series 5083 is using welding method GMAW with the results of porosity less than the method of welding SMAW and also using welding GMAW is easier to do if the work is in place that is affordable by gas argon, but it is very hard to do if the work is in place that is difficult to reach by argon gas welding and forced to be performed using SMAW welding methods.

Keywords : Aluminium seri 5083, Al_2O_3 , Cleaning Aluminium 5083 series

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan semesta alam, berkat rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Analisa Perbandingan Hasil Pengelasan Menggunakan Metode SMAW Dan Metode GMAW Terhadap Ketahanan *Bending* Pada Sambungan Aluminium Seri 5083**” ini dengan baik.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengetahui pengelasan dengan metode mana yang hasilnya paling bagus untuk material aluminium seri 5083.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan sehingga jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik penulis harapkan sebagai bahan penyempurnaan selanjutnya. Semoga tugas akhir ini dapat menambah khazanah keilmuan tentang dunia kelautan, bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, Januari 2016

Fahmy Pamungkas

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari bantuan dan motivasi yang tulus dan ikhlas dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan rasa syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT., Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan anugerah-Nya yang tak terkira kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan pengerjaan tugas akhir ini.
2. Kedua orangtua tersayang dan tercinta, Ayah Bagyo Hariyanto dan Ibu Enik Suhartiningrum yang telah memberikan dukungan doa dan moril tiada henti bagi penulis di setiap waktu agar diberi kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semua usaha dan karya ini penulis persembahkan sebagai salah satu upaya untuk menciptakan sedikit senyum bangga di wajah Ayah dan Ibu. Karena ini salah satu pembuktian kerja keras terbesar saat ini yang mampu penulis berikan.
3. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah merelakan waktunya untuk mendidik dan membimbing penulis dengan sabar dan ikhlas dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan maksimal. Semoga Allah SWT membalas amal dan kebaikan Bapak.
4. Bapak Sujantoko, ST., MT. selaku dosen wali penulis yang selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.
5. Kakak-kakak kandung, Reza Megakriswardani dan Dahlia Deka Permata, yang selalu menghibur dan memberi semangat penulis ketika mengerjakan Tugas Akhir di rumah.
6. Sandra Karisma Putri, yang selalu setia menemani dan memberi segala motivasi. Terima kasih atas segala doa, kasih sayang dan semangat yang selalu diberikan kepada penulis. Semoga kita selalu mampu untuk saling mendukung dalam kebaikan.
7. Semua staff pengajar beserta pelaksana administrasi dan akademika Jurusan Teknik Kelautan ITS yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dan pelayanan selama penulis menjalankan perkuliahan.

8. Keluarga besar The Trident L29 - P51 angkatan 2011 yang tiada henti-hentinya memberikan dorongan dan saling menghibur penulis dalam suka maupun duka selama masa perkuliahan.
9. Teman-teman seperjuangan anak bimbingan Pak Herman yang selalu menemani saat melakukan asistensi, Kelvin Oktalda dan Choirul Oto.
10. Teman-teman seperjuangan 113 yang selalu memberi semangat dan dukungan agar Tugas Akhir ini dapat segera terselesaikan, Rais Rizal, Firza Redana, Dimas Wahyu, Dinaryo, Faris Rasyadi, Carolina, Dinda dan Abdil.
11. Sahabat-sahabat saya yang selalu memberikan semangat dan hiburan kepada penulis dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini, Faris Firmansyah, Tri Maryogo, Ayu Nadia Devina, Mas Vidatul Ula dan Revina Ristania.
12. Serta pihak-pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang	1
1.2 Perumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan masalah	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 Logam Paduan.....	6
2.2.2 Shielded Metal Arc Welding (SMAW).....	10
2.2.3 Gas Metal Arc Welding (GMAW).....	11
2.2.4 Jenis Elektroda Pengelasan	13
2.2.5 Kampuh V	13
2.2.6 Pengujian Makro	14
2.2.7 Pengujian Tarik	14
2.2.8 Pengujian Tekuk.....	14

2.2.8.1	<i>Transversal Bending</i>	15
---------	----------------------------------	----

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Metode Penelitian.....	17
3.2	Prosedur Penelitian.....	18
3.2.1	Studi Literatur dan Pengumpulan Data	18
3.2.2	Pembuatan Spesimen.....	19
3.2.3	<i>Welding Procedure Spesification (WPS)</i>	19
3.2.4	Dimensi Spesimen	19
3.2.5	Pembersihan Permukaan	20
3.3	Proses Pengelasan SMAW dan GMAW	24
3.3.1	Peralatan SMAW.....	24
3.3.2	Peralatan GMAW	25
3.4	Pemeriksaan Visual (<i>Visual Inspection</i>)	26
3.4.1	Peralatan Uji Visual.....	26
3.4.2	Langkah-langkah Uji Visual	27
3.5	Pengujian Metalografi	28
3.5.1	Peralatan Uji Metalografi	28
3.6	Pengujian Kekerasan	29
3.6.1	Peralatan Uji Kekerasan	30
3.7	Pengujian Tarik (<i>Tensile Test</i>)	31
3.8	Pengujian Tekuk (<i>Bending Test</i>).....	33
3.8.1	Faktor.....	33
3.8.2	Peralatan Uji <i>Bending</i>	33
3.8.3	<i>Side Bend (Bending pada sisi lasan)</i>	33
3.9	Tahap Pengolahan Data.....	34
3.10	Analisa Semua Data dan Pembahasan	34
3.11	Kesimpulan dan Saran	35

BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	<i>Welding Prosedure Standard (WPS)</i>	37
4.1.1	Menggunakan Metode GMAW	37

4.1.2	Menggunakan Metode SMAW	38
4.2	Sketsa dan Hasil Pengelasan	38
4.3	Pengujian Visual (Visual <i>Examination Test</i>)	40
4.3.1	Uji Visual (<i>Visual Inspection Test</i>)	41
4.3.1	Kesimpulan dari Uji Visual	42
4.4	Pengujian Metalografi	42
4.4.1	Pengujian Mikro	42
4.4.2	Pengujian Makro	46
4.4.3	Kesimpulan dari Uji Metalografi	48
4.5	Pengujian Kekerasan	49
4.5.1	Kesimpulan dari Uji Kekerasan	54
4.6	Pengujian Tarik (<i>Tensile Test</i>)	55
4.6.1	Peralatan yang Digunakan Untuk Uji Tarik	55
4.6.2	Kesimpulan dari Uji Tarik	58
4.7	Pengujian Tekuk (<i>Bending Test</i>)	59
4.7.1	Peralatan Uji Tekuk (<i>Bending Test</i>)	59
4.7.2	Bahan Uji Tekuk (<i>Bending Test</i>)	59
4.7.3	Pengujian Pada Mesin Penguji <i>Bending</i>	59
4.7.4	Kriteria Kelulusan Uji Tekuk (<i>Bending Test</i>)	62
4.7.5	Standar Menurut ASME <i>Section IX</i> edisi 2010	62

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	66

DAFTAR PUSTAKA 67

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel penggolongan dari aluminium 5083 tipe <i>non - heat treatable</i> sesuai dengan penggunaannya	5
Tabel 2.2 Tabel penggolongan dari paduan aluminium dengan komposisi kimianya.....	7
Tabel 4.1 Hasil record proses pengelasan menggunakan metode SMAW.....	39
Tabel 4.2 Hasil record proses pengelasan menggunakan metode GMAW	40
Tabel 4.3 Hasil uji kekerasan <i>Vickers</i> spesimen GMAW AL 5083	49
Tabel 4.4 Hasil uji kekerasan <i>Vickers</i> spesimen SMAW AL 5083.....	52
Tabel 4.5 Hasil record dari uji tarik.....	57
Tabel 4.6 Hasil dari uji tekuk (<i>bending</i>) pada material dengan pengelasan GMAW	60
Tabel 4.7 Hasil dari uji tekuk (<i>bending</i>) pada material dengan pengelasan SMAW	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kemunculan porositas dengan ukuran yang halus pada pengelasan aluminium 5083 dengan ketebalan 6 mm pada uji makro etsa	9
Gambar 2.2 Tingkat penyerapan hidrogen dalam pengelasan aluminium (<i>T – Solubility</i>)	9
Gambar 2.3 Konstruksi Mesin Las SMAW	10
Gambar 2.4 Pengelasan SMAW	11
Gambar 2.5 Pengelasan GMAW atau MIG	11
Gambar 2.6 Konstruksi Mesin Las GMAW	12
Gambar 2.7 <i>Detail Joint</i> pada Pengelasan	12
Gambar 2.8 Proses Pengujian <i>Side Bend</i>	15
Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir	17
Gambar 3.2 Material plat aluminium 5083	19
Gambar 3.3 <i>Coupon test</i> yang telah dibentuk dengan gap sebesar 2 mm, dan sudut bevel per satu plat 30°	20
Gambar 3.4 Alat – alat untuk pembersihan lapisan oksida, alkohol; NaNO ₃ 15%; NaOH 10%; dan batu gerinda	21
Gambar 3.5 Pembersihan lapisan oksida dengan penggerindaan	21
Gambar 3.6 Pembasahan kain dengan Alkohol 95% dan pengolesan kain yang telah dimplikasi alkohol 95% ke permukaan yang telah dibevel	22
Gambar 3.7 Plat aluminium 5083 digerinda terlebih dahulu	22
Gambar 3.8 Setelah dilakukan penggerindaan, maka plat dicelup ke dalam larutan NaOH 10% dengan suhu 72°C (kiri); dan plat ditiriskan setelah dicelupkan selama 45 detik	23
Gambar 3.9 Setelah ditiriskan maka plat aluminium 5083 dibilas dengan air dingin (<i>ambient temperature</i>) dan kemudian dicelup ke larutan kimia NaNO ₃ 15% selama 2 menit	23
Gambar 3.10 Setelah berjalan 2 menit, maka plat ditiriskan, kemudian dibilas air panas dengan suhu 92 – 93°C	24
Gambar 3.11 Setelah dibilas air panas, maka aluminium 5083 dibilas dengan air dingin (<i>ambient temperature</i>)	24

Gambar 3.12 Mesin Las Multifungsi GMAW; tabung gas Argon UHP 7 liter; dan bukti sertifikat komposisi kimia Gas Argon UHP	26
Gambar 3.13 Proses pengelasan GMAW dan SMAW pada material Aluminium seri 5083.....	26
Gambar 3.14 Pengujian secara visual dengan menggunakan <i>welding gauge</i>	27
Gambar 3.15 Mesin <i>Polishing</i> ; Proses pemolesan material mikro dan makro; Pemolesan dengan menggunakan pasta alumina dan <i>microscopic metallography</i> Olympus & 100 mm.....	29
Gambar 3.16 Mesin <i>Universal Hardness Brinel – Vickers – Rockwell</i> (kiri); <i>Stopwatch</i> dan <i>Pyramid Diamond Indentor</i> (kanan).....	30
Gambar 3.17 Bentuk material (batang) uji tarik.....	32
Gambar 3.18 Kurva tegangan (stress) regangan (strain) atau Kurva SS	33
Gambar 3.19 Contoh uji <i>side bend</i>	34
Gambar 4.1 Sketsa plat dengan kampuh V menggunakan AutoCAD.....	38
Gambar 4.2 Plat aluminium seri 5083 dengan kampuh V sebelum dilakukan pengelasan.....	39
Gambar 4.3 Plat aluminium seri 5083 dengan menggunakan metode pengelasan SMAW	39
Gambar 4.4 Plat aluminium seri 5083 dengan menggunakan metode pengelasan GMAW.....	40
Gambar 4.5 Hasil uji visual dari pengelasan GMAW	41
Gambar 4.6 Hasil uji visual dari pengelasan SMAW.....	41
Gambar 4.7 Hasil pengukuran pada mahkota dan akar las plat aluminium 5083 dengan menggunakan <i>welding gauge</i>	42
Gambar 4.8 Hasil foto mikro pada spesimen GMAW aluminium 5083	44
Gambar 4.9 Hasil foto mikro pada spesimen SMAW aluminium 5083.....	46
Gambar 4.10 Hasil uji struktur makro pada sambungan pengelasan metode GMAW.....	47
Gambar 4.11 Hasil uji struktur makro pada sambungan pengelasan metode SMAW	47
Gambar 4.12 Hasil uji struktur makro pada sambungan las metode GMAW menggunakan mikroskop sinar-X	48

Gambar 4.13 Hasil uji struktur makro pada sambungan las metode SMAW menggunakan mikroskop sinar-X	48
Gambar 4.14 Hasil uji kekerasan spesimen GMAW dalam bentuk grafik	51
Gambar 4.15 Hasil uji kekerasan spesimen SMAW dalam bentuk grafik	54
Gambar 4.16 Bentuk standar material yang akan diuji tarik	56
Gambar 4.17 Hasil material dengan metode pengelasan GMAW yang telah dilakukan uji tarik	56
Gambar 4.18 Hasil material dengan metode pengelasan SMAW yang telah dilakukan uji tarik	56
Gambar 4.19 Perbandingan grafik hasil uji tarik pada batang uji dengan menggunakan pengelasan GMAW dan SMAW	58
Gambar 4.20 Hasil uji <i>side bend</i> dengan metode pengelasan GMAW; berhasil pada semua pengujian	60
Gambar 4.21 Hasil uji <i>side bend</i> dengan metode pengelasan SMAW; berhasil (atas kiri); gagal (atas kanan) dan gagal (bawah).....	61
Gambar 4.22 Cacat pada spesimen dengan metode pengelasan SMAW	61

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A.** *Welding Procedure Specification* (WPS) Pada Metode Pengelasan GMAW
- Lampiran B.** *Welding Procedure Specification* (WPS) Pada Metode Pengelasan SMAW
- Lampiran C.** Hasil Laboratorium Uji Bahan Untuk Pengujian Tarik Pada Metode Pengelasan GMAW
- Lampiran D.** Hasil Laboratorium Uji Bahan Untuk Pengujian Tarik Pada Metode Pengelasan GMAW
- Lampiran E.** Hasil Laboratorium Uji Bahan Untuk Pengujian Tekuk (*Bending*) Pada Metode Pengelasan GMAW
- Lampiran F.** Hasil Laboratorium Uji Bahan Untuk Pengujian Tekuk (*Bending*) Pada Metode Pengelasan SMAW
- Lampiran G.** Persiapan Uji Metalografi (Makro dan Mikro)
- Lampiran H.** Langkah-langkah Uji Metalografi (Makro dan Mikro)
- Lampiran I.** Langkah-langkah Uji Tarik (*Tensile Test*)
- Lampiran J.** Langkah-langkah Uji Tekuk (*Bending Test*)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Proses pengelasan biasanya digunakan untuk fabrikasi dalam aplikasi *engineering*, misalnya untuk pesawat terbang, otomotif, dan industri perkapalan (Gery, dkk. 2005). Salah satu metode pengelasan yang sering dipakai oleh masyarakat umum, yaitu metode SMAW (*Shieled Metal Arc Welding*) dan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*). Proses pengelasan SMAW juga dikenal dengan istilah proses MMAW (*Manual Metal Arc Welding*). Dalam pengelasan ini, logam induk mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja, sedangkan pengelasan GMAW ini juga disebut MIG karena menggunakan gas inert dimana elektroda yang digunakan tidak dicoating dan dapat mensuplai terus, karena berbentuk gulungan (Semih, 2007). Proses pengelasan, pada dasarnya memiliki tujuh macam sambungan, yaitu: *butt joint*, *backing joint*, *T joint*, *Cross joint*, *overlap joint*, *corner joint*, dan *edge joint*. Sambungan-sambungan tersebut memiliki karakteristik sendiri-sendiri tergantung kondisi material yang dikerjakan. Sedangkan untuk posisi pengelasan ada beberapa jenis, yaitu: *flat*, *horizontal*, *vertical*, dan *overhead* (ASME section IX, 2001).

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) merupakan suatu teknik pengelasan dengan menggunakan arus listrik yang membentuk busur arus dan elektroda berselaput. Di dalam pengelasan SMAW ini terjadi gas pelindung ketika elektroda terselaput itu mencair, sehingga dalam proses ini tidak diperlukan tekanan/pressure gas inert untuk menghilangkan pengaruh oksigen atau udara yang dapat menyebabkan korosi atau gelembung-gelembung di dalam hasil pengelasan. Pada umumnya pengelasan aluminium menggunakan proses fusion welding seperti MIG (Metal Inert Gas) maupun TIG (Tungsten Inert Gas), namun pada kedua metode tersebut terdapat kemungkinan terbentuknya cacat. Pengelasan aluminium juga dapat dilakukan dengan menggunakan proses SMAW jika didaerah tersebut sangat tidak memungkinkan untuk mendapatkan bantuan gas

untuk melakukan pengelasan dengan menggunakan GMAW karena secara umum pengelasan pada aluminium dilakukan menggunakan bantuan gas (Petrus. 2015).

Dalam proses pengelasan, penyambungan dapat dijamin baik bila terjadi pencampuran secara metalurgis antara masing-masing logam induk dan logam tambahan. Selama pengelasan, daerah di bawah logam las akan mengalami pemuaian, sedangkan daerah di bawahnya mencoba menahannya. Bagian yang memuai itu akan mengalami tegangan tekan sedangkan daerah di bawahnya melawan dengan tegangan tarik. Sebaliknya, selama proses pendinginan, daerah di bawah logam las mengalami tegangan tarik dan daerah di bawahnya melawannya dengan tekanan. Tegangan-tegangan yang terjadi pada pelat yang dilas ini terus ada hingga temperatur kamar. Tegangan yang demikian ini disebut tegangan sisa atau residual stress (Sonawan, dkk. 2003). Adanya tegangan sisa dalam suatu bahan kemungkinan dapat menguntungkan atau malah merugikan tergantung pada fungsi bahan, besar, dan arah tegangan sisa (Muslich, dkk. 2007).

Pada prinsipnya, jika material yang akan dilakukan pengelasan jenisnya berbeda, maka prosedur dan jenis las yang digunakan juga bisa berbeda. Pengelasan pada baja sudah pasti berbeda dengan proses pengelasan . Jika dibandingkan dengan baja, sifatnya lebih lunak akan tetapi mempunyai massa yang lebih ringan. Salah satunya adalah jenis seri 5083. Pada seri ini, unsur aluminium akan dipadukan dengan unsur Mg (magnesium) (ASME section IX, 2001). Salah satu kelebihan seri ini adalah pada waktu pengelasan lebih mudah karena bersifat non - heat treatable alloys. paduan seri 5083 adalah jenis yang banyak digunakan dalam dunia industri, karena mempunyai sifat mekanik (*mechanical properties*) dan kemampuan mampu las (*weldability*) yang baik. Penggunaan yang paling banyak adalah untuk konstruksi perkapalan dan bejana tekan (*pressure vessel*) (Sonawan, dkk. 2003). Sedangkan untuk aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari adalah untuk bahan pembuatan badan truk dan kereta api, bangunan, kendaraan tempur, bodi kapal dan boat, tangki bahan-bahan kimia, pressure vessels serta tangki cryogenic (Anderson. 2003).

Pada studi eksperimen ini diteliti bagaimana hasil perbandingan dari proses pengelasan menggunakan metode SMAW dan metode GMAW terhadap

ketahanan *bending* pada sambungan aluminium seri 5083. Pengerjaan ini dilakukan di PPNS (Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya).

1.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana perbandingan hasil dari proses pengelasan menggunakan SMAW dan GMAW terhadap ketahanan *bending* pada sambungan aluminium seri 5083 ?
2. Cacat apa yang terjadi pada masing-masing metode pengelasan tersebut ?
3. Pengelasan apa yang menghasilkan hasil paling baik setelah dilakukan uji *bending* ?

1.3. Tujuan

1. Mengetahui perbandingan hasil pengelasan pada sambungan material aluminium seri 5083 antara menggunakan metode pengelasan SMAW dan pengelasan GMAW terhadap ketahanan *bending*.
2. Mengetahui cacat las yang timbul pada sambungan material aluminium seri 5083 akibat metode pengelasan SMAW dan pengelasan GMAW.
3. Mengetahui hasil pengelasan apa yang paling baik antara SMAW dan GMAW pada eksperimen setelah dilakukan uji *bending*.

1.4. Manfaat

Manfaat dilakukannya eksperimen ini adalah untuk mengetahui pengelasan apa yang tepat pada sambungan material aluminium seri 5083 antara pengelasan metode SMAW dan metode GMAW terhadap ketahanan *bending* atau kelengkungan yang mana material tersebut dapat diaplikasikan untuk pembuatan bodi lambung kapal dan *boat*.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Jenis material yang digunakan adalah aluminium seri 5083 dengan panjang material 300 mm dan lebar 150 mm.
2. Ketebalan setiap spesimen yaitu 10 mm.
3. Proses pengelasan menggunakan metode SMAW dengan elektroda E 7015 1,2 mm
4. Proses pengelasan menggunakan metode GMAW dengan elektroda ER5356 1,2 mm.
5. Posisi pengelasan adalah 1G dengan jenis sambungan single V butt joint.
6. Arus yang digunakan adalah 100 A untuk pengelasan metode SMAW dan 120 A untuk pengelasan metode GMAW.
7. Gas pelindung yang digunakan saat proses pengelasan GMAW adalah gas Argon (Ar) dengan tingkat kemurnian Ultra High Purity (UHP).
8. *Human error* diabaikan.
9. Prosedur pengelasan dan pengujian berdasarkan AWS D1.2 dan ASME section IX.
10. Parameter pengujian yang digunakan pada eksperimen kali ini adalah uji makro etsa (*macroetch test*), uji tarik (*tensile test*) dan uji tekuk (*bending test*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Paduan aluminium 5083 merupakan paduan aluminium yang cocok untuk temperatur kerja yang sangat rendah (*cryogenic*) sampai pada desain temperatur -165° C (-265° F) karena jenis paduan ini tidak menunjukkan fenomena transisi ulet-getas. Memiliki lapisan pasif Al₂O₃ yang titik leburnya sampai 2200° C. Paduan ini juga umum digunakan untuk perancangan bahan bodi kapal, peralatan dan kendaraan bawah laut, dll. Maka dari itu, aluminium seri 5 ini biasa disebut sebagai *marine used*. Aluminium 5083 juga merupakan material yang tidak dapat berubah kekuatan mekaniknya dengan perlakuan panas atau disebut dengan *non heat treatable* (George, 2003).

Table 2.1 Tabel penggolongan dari aluminium 5083 tipe *non - heat treatable* sesuai dengan penggunaannya (sumber : Welding Handbook Eight Edition).

Compositions and Applications of Nonheat-Treatable Wrought Alloys					
Aluminum Association Designation	Nominal Composition (% Alloying Element)				Typical Applications
	Cu	Mn	Mg	Cr	
1060	99.60% minimum aluminum				Chemical process equipment, tanks, piping.
1100	99.00% minimum aluminum				Architectural and decorative applications, furniture, deep drawn parts, spun hollow ware.
1350	99.50% minimum aluminum				Electrical conductor wire, bus and cable.
3003	0.12	1.2	—	—	General purpose applications where slightly higher strength than 1100 is required. Process and food handling equipment, chemical and petroleum drums and tanks.
3004	—	1.2	1.0	—	Sheet metal requiring higher strength than 3003.
5005	—	—	0.8	—	Electrical conductor and architectural applications.
5050	—	—	1.4	—	Similar to 3003 and 5005 but stronger. Has excellent finishing qualities.
5052, 5652	—	—	2.5	—	Sheet metal applications requiring higher strength than 5050. Formable and good corrosion resistance. Storage tanks, boats, appliances. Alloy 5652 has closer control of impurities for H ₂ O ₂ service.
5083	—	0.7	4.4	0.15	Marine components, tanks, unfired pressure vessels, cryogenics structures, railroad cars, drilling rigs.
5086	—	0.45	4.0	0.15	Marine components, tanks, tankers, truck frames.
5154, 5254	—	—	3.5	0.25	Unfired pressure vessels, tankers. Alloy 5254 has closer control of impurities for H ₂ O ₂ service.
5454	—	0.8	2.7	0.12	Structural applications and tanks for sustained high-temperature service.
5456	—	0.8	5.1	0.12	Structures, tanks, unfired pressure vessels, marine components.

Paduan aluminium dapat digolongkan menjadi aluminium *Wrought Alloy* dan *Casting Alloy*. Aluminium *Wrought Alloy* berupa barang setengah jadi misalnya batang, pelat. Ini dapat diklasifikasikan menurut komposisi kimianya. Tiap-tiap

jenis paduan diberi kode dengan empat digit angka. Digit pertama(Xxxx) menunjukkan jenis paduan aluminium berkaitan dengan kemurnian aluminium atau jenis unsur paduan utama. Digit kedua (xXxx) menunjukkan modifikasi dari paduan orisinil . Digit 0 untuk paduan orisinil dan digit 1 sampai 9 untuk modifikasi. Digit ketiga dan keempat (xxXX) merupakan identitas campuran khusus paduan utama. Pada paduan 5183, angka 5 menunjukkan jenis paduannya adalah magnesium, angka 1 merupakan modifikasi pertama dari 5083, dan angka 83 merupakan identifikasi pada 5083 (Tony, 2008).

Proses pengelasan adalah proses penyambungan material dengan menggunakan energi panas. Pemanasan lokal pada pelat hingga temperatur lebur dan proses pendinginan yang cepat dapat menghasilkan tegangan sisa akibat adanya distribusi panas yang tidak merata (Anam, 2009).

Uji Bending adalah pengujian tekuk yang dilakukan dengan menekuk atau menekan suatu bahan uji sampai mencapai titik batas kegetasannya. Pengujian Bending sangat penting dilakukan karena tanpa adanya pengujian ini akan melanggar peraturan-peraturan akan penggunaan suatu bahan (Hidayat, 2014).

Pengujian bending yang dilakukan saat saya melakukan pengamatan yaitu pada bahan dan jenis yang sama yaitu pelat aluminium seri 5083.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Logam Paduan

Logam paduan yang termasuk dalam kelompok yang tidak dapat diperlakukan adalah jenis Al murni, Al-Mg ,Al-Si, dan Al-Mn. Sedang kelompok yang dapat diperlakukan masih dibagi lagi dalam jenis perlakuan panasnya yaitu anil-temper (O-temper), pengerasan regang (H-temper), pengerasan alamiah dan pengerasan buatan. (c) sifat umum dari beberapa jenis paduan (Okumura, Wiryosumarto. 1994) :

Table 2.2 Tabel penggolongan dari paduan aluminium dengan komposisi kimianya (sumber : ASM Metals Handbook Volume 09 Edition 02).

Alloy group	Nominal chemical composition ^(a) , wt%										
	Mg	Si	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Zr	Other
Wrought alloys											
1xxx (Al)	0.006–	0.006–	0.002–	0.01–	0.002–	0.006–	...	0.006–	0.006–
> 99.00%)	0.25	0.7	0.06	0.03	0.05	0.6		0.35	0.05		
2xxx (Cu)	0.02–	0.10–	0.02–	0.05–	0.05–	0.12–	0.05–	0.8–	0.10–	0.05–	...
	0.8	1.3	0.3	0.2	1.3	1.3	2.3	6.8	0.80	0.5	
3xxx (Mn)	0.05–	0.3–	0.05–	0.05–	0.05–	0.1–	0.05	0.05–	0.05–	0.1–	...
	1.3	1.8	0.10	0.40	1.8	1.0		0.50	1.0	0.5	
4xxx (Si)	0.05–	0.8–	0.04–	0.05–	0.03–	0.20–	0.15–	0.05–	0.05–
	2.0	13.5	0.30	0.25	1.5	1.0	1.3	1.5	0.25		
5xxx (Mg)	0.2–	0.08–	0.05–	0.05–	0.03–	0.10–	0.03–	0.03–	0.05–
	5.6	0.7	0.20	0.35	1.4	0.7	0.05	0.35	2.8		
6xxx (Mg + Si)	0.05–	0.20–	0.08–	0.03–	0.03–	0.08–	0.2	0.10–	0.05–	0.05–	...
	1.5	1.8	0.20	0.035	1.0	1.0		1.2	2.4	0.20	
7xxx (Zn)	0.10–	0.10–	0.03–	0.04–	0.02–	0.10–	0.10	0.05–	0.8–	0.05–	...
	3.7	0.50	0.15	0.35	1.5	0.70		2.6	8.7	0.18	
8xxx (other element)	0.02–	0.10–	0.08–	0.01–	0.02–	0.10–	0.2–	0.03–	0.03–	0.04–	Li, B, Sn, Ga
	1.4	1.0	0.2	0.2	1.0	2.0	1.3	2.2	1.8	0.16	

Jenis Al-murni (seri 1xxx)

Jenis ini adalah aluminium dengan kemurnian antara 99,0 % dan 99,9 %. Aluminium dalam seri ini di samping sifatnya yang baik dalam tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik juga memiliki sifat yang memuaskan dalam mampu-las dan mampu-potong. Hal yang kurang menguntungkan adalah kekuatannya yang rendah.

Jenis paduan Al-Cu (seri 2xxx)

Jenis ini adalah jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Dengan melalui pengerasan endap atau penyepuhan sifat mekanik paduan ini dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi daya tahan korosinya rendah bila disbanding dengan jenis paduan yang lainnya. Sifat mampu-lasnya juga kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan pada konstruksi keeling dan banyak sekali digunakan dalam konstruksi pesawat terbang.

Jenis paduan Al-Mn (seri 3xxx)

Paduan ini adalah jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan sehingga menaikkan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya. Dibandingkan dengan jenis Al-murni paduan ini mempunyai sifat

yang sama dalam hal daya tahan korosi, mampu potong dan sifat mampu lasnya. Dalam hal kekuatan jenis ini lebih unggul dari pada jenis Al-murni.

Jenis paduan Al-Si (seri 4xxx)

Paduan Al-Si termasuk jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan. Jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Karena sifat tersebut maka, paduan jenis ini banyak digunakan sebagai bahan atau logam las dalam pengelasan paduan aluminium baik paduan cor maupun tempa.

Jenis paduan Al-Mg (seri 5xxx)

Jenis ini termasuk paduan yang tidak dapat diperlak-panaskan, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu-lasnya. Paduan ini banyak digunanakan tidak hanya dalam konstruksi umum tetapi juga untuk tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.

Jenis paduan Al-Mg-Si (seri 6xxx)

Paduan ini termasuk dalam jenis yang dapat diperlaku-panaskan dan mempunyai sifat mampu-potong, mampu-las dan daya tahan korosi yang cukup. Sifat yang kurang baik dari paduan ini adalah terjadinya pelunakan pada daerah las sebagai akibat dari panas pengelasan yang timbul.

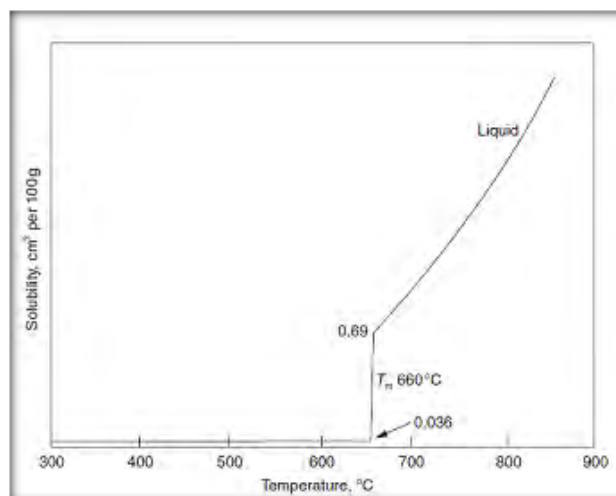
Jenis paduan Al-Zn (seri 7xxx)

Paduan ini termasuk jenis yang dapat diperlaku-panaskan. Biasanya ke dalam paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu, dan Cr. Kekuatan tarik yang dapat dicapai lebih dari 50 kg/mm^2 , sehingga paduan ini dinamakan juga ultra duralium. Berlawanan dengan kekuatan tariknya, sifat mampu-las dan daya tahan terhadap korosi kurang menguntungkan. Dalam waktu akhir-akhir ini paduan Al-Zn-Mg mulai banyak digunakan dalam konstruksi las, karena jenis ini mempunyai sifat mampu las dan tahan korosi yang lebih baik dari paduan dasar Al-Zn. Di samping itu juga pelunakan pada daerah las dapat mengeras kembali karena pengerasan ilmiah.

Permasalahan dalam proses pengelasan aluminium 5083 yang sangat rentan terjadi antara lain terjadi adanya porositas pada hasil pengelasan pada aluminium ini. Porositas adalah masalah yang terbatas di dalam logam lasan. Hal ini muncul akibat adanya gas yang terjebak di dalam proses pembekuan logam lasan sehingga membentuk seperti gelembung udara yang menjadi padat di dalam logam lasan. Porositas dapat berkisar dalam bentuk halus (*micro fine porosity*) sampai pada bentuk kasar dengan diameter sebesar 3 – 4 mm. Dalam kasus porositas ini yang sangat mempengaruhi adalah hidrogen. Hidrogen memiliki sifat kelarutan yang tinggi dalam aluminium cair tetapi kelarutannya rendah dalam padatan. Hal ini dapat digambarkan dalam **Gambar 2.1**. Hal ini menunjukkan penurunan dalam urutan sebanyak 20 kali selama proses pembekuan berlangsung, penurunan kelarutan begitu jelas sehingga sangat sulit untuk menghasilkan pengelasan bebas porositas sama sekali dalam proses pengelasan aluminium (Gene, 2002).



Gambar 2.1 Kemunculan porositas dengan ukuran yang halus pada pengelasan aluminium 5083 dengan ketebalan 6 mm pada uji makro etsa (Sumber : Gene Mathers, The Welding Aluminium and its Alloy).

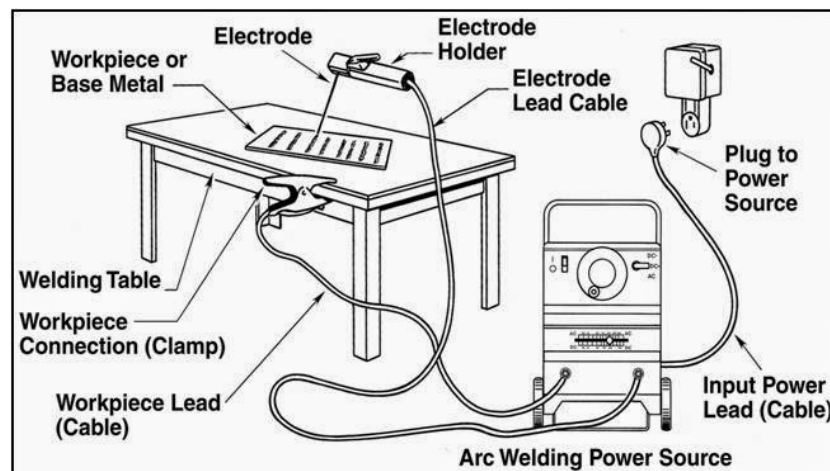


Gambar 2.2 Tingkat penyerapan hidrogen dalam pengelasan aluminium (T – *Solubility*) (Sumber : Gene Mathers, The Welding Aluminium and its Alloy).

Menaikkan nilai arus dalam busur berarti temperatur pada kawah cair lasan juga meningkat demikian juga dengan tingkat penyerapan hidrogen dalam logam cair aluminium juga meningkat. Sebaliknya, dalam posisi pengelasan yang datar menaikkan masukan panas (*Heat Input*) dapat menurunkan terjadinya porositas ketika tingkat evolusi gas dari pengelasan melebihi tingkat penyerapan hydrogen, menurunkan tingkat penyerapan dimana saat terjadi pembekuan mengakibatkan gas hydrogen menggelembung keluar dari logam lasan. Menaikkan tegangan busur atau menaikkan jarak busur ke aluminium yang akan dilas akan menyebabkan tingkat kontaminasi dengan udara sangat tinggi sehingga tingkat porositas akan meningkat (Gene, 2002).

2.2.2. Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

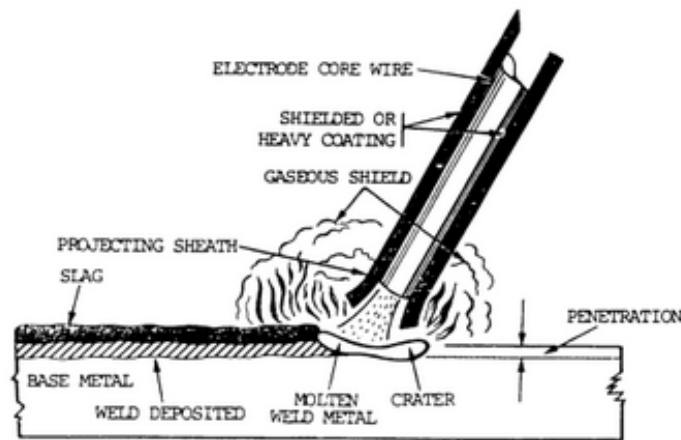
SMAW adalah proses las busur manual dimana panas pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda terumpan berpelindung flux dengan benda kerja. Gambar dibawah memperlihatkan bentuk rangkaian pengelasan SMAW.



Gambar 2.3 Konstruksi Mesin Las SMAW (Wiryosumarto, 1996)

Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah-daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan flux atau slag yang terbentuk. Filler metal atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan, atau pada elektroda-elektroda tertentu juga berasal dari

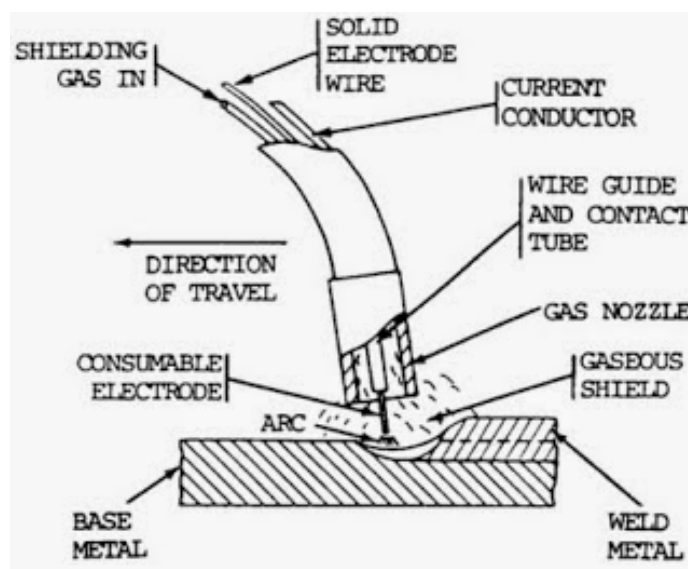
serbuk besi yang dicampur dengan lapisan pembungkus elektroda. Gambar dibawah memperlihatkan prinsip dasar proses SMAW.



Gambar 2.4 Pengelasan SMAW (Wiryosumarto, 1996)

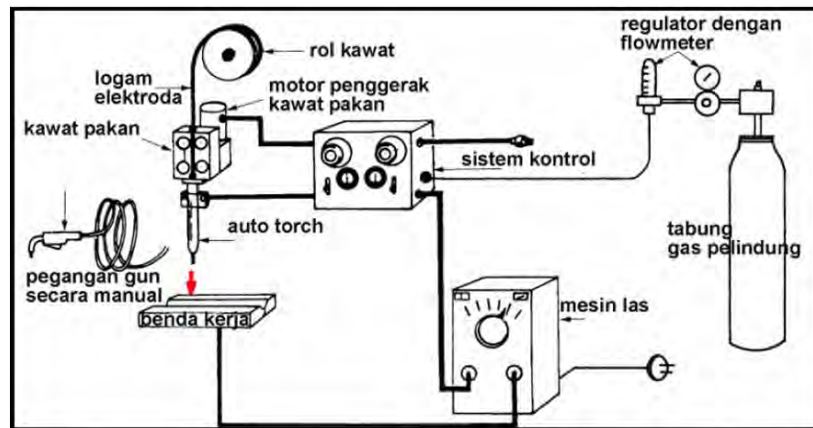
2.2.3. Gas Metal Arc Welding (GMAW)

Nama lain dari proses pengelasan ini adalah metal inert gas (MIG) dimana kawat elektroda yang digunakan tidak terbungkus dan sifat suplainya yang terus-menerus. Daerah lasan terlindung dari atmosfer melalui gas yang dihasilkan dari alat las tersebut, seperti terlihat pada gambar 2.2. (Genculu, 2007). Gas pelindung yang digunakan adalah gas Argon, helium atau campuran dari keduanya. Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas O_2 antara 2 sampai 5% atau CO_2 antara 5 sampai 20% (Wiryosumarto, 1996).



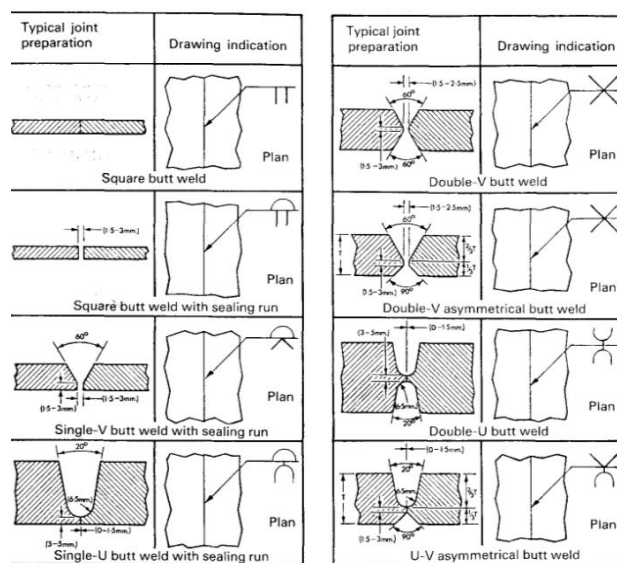
Gambar 2.5 Pengelasan GMAW atau MIG (Genculu, 2007)

Pada pengelasan, elektroda yang digunakan pada pengelasan ini harus bersih dari kotoran yang nantinya dapat menimbulkan cacat. Karena bisa saja porositas yang timbul pada pengelasan ini karena adanya uap air yang berada pada elktrodanya. Elektroda dalam las MIG biasanya diumpankan secara otomatis, sedangkan alat pembakarnya digerakkan dengan tangan. Dengan ini tercipta suatu alat las semi otomatis di mana konstruksinya dalam dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Konstruksi Mesin Las GMAW (Bradley, 2000)

Untuk mempermudah dalam proses pengelasan, perlu adanya kampuh agar *filler* dapat mengisi logam induk yang akan disambung. Kampuh akan diperlukan jika ketebalan material yang akan dilas lebih dari 6 mm (ASME section IX). Ada beberapa jenis kampuh yang biasanya digunakan dalam pengelasan misalnya V-*butt joint*, double V-*butt joint*, dll seperti yang terlihat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Detail Joint pada Pengelasan

2.2.4. Jenis Elektroda Pengelasan

Elektroda terbungkus pada umumnya digunakan dalam pelaksanaan pengelasan tangan. Di negara-negara industri, elektroda las terbungkus sudah banyak yang di standarkan berdasarkan penggunaannya. Standarisasi elektroda dalam AWS (*American Welding Society*) didasarkan pada jenis fluks, posisi pengelasan dan arus las dan dinyatakan dengan tanda EXXXX, yang artinya sebagai berikut:

- E : Menyatakan elektroda las busur listrik
- XX : Dua angka sesudah E menyatakan kekuatan tarik (ksi)
- X : Angka ketiga menyatakan posisi pengelasan, yaitu:
 - Angka 1 untuk pengelasan segala posisi
 - Angka 2 untuk pengelasan posisi datar dan dibawah tangan
 - Angka 3 untuk pengelasan posisi dibawah tangan
- X : Angka keempat menyatakan jenis selaput dan arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

2.2.5. Kampuh V

Pengerjaan sambungan atau kampuh las terdiri dari 4 jenis yaitu sambungan kampuh sisi, sambungan berimpit, sambungan sudut dan sambungan T. Sambungan atau kampuh menumpu adalah sambungan las yang dilakukan dengan jalan mengelas bagian tepi atau ujung dari logam yang akan dilas. Adapun sambungan atau kampuh menumpu terdiri dari sambungan I, V, X, $\frac{1}{2}$ V, $\frac{1}{2}$ X, dan U. Kampuh V digunakan untuk menyambung logam/plat yang tebalnya antara 6-16 mm, dimana sambungan ini terdiri dari sambungan kampuh V terbuka dan tertutup. Kampuh V terbuka digunakan untuk menyambung logam/plat yang tebalnya 6-16 mm dengan sudut kampuh 60°C - 80°C dan jarak/celah kampuh sekitar 2 mm serta tinggi dasar sampai sudut kampuh 1-2 mm. Pada waktu mengelas kampuh V terbuka diberi plat penahan cairan sepanjang kampuh yang gunanya untuk mencegah cairan bertumpuk disebelah bawah kampuh dan plat penahan tersebut dapat dibuka bila diperlukan. Sambungan kampuh V tertutup digunakan untuk menyambung logam/plat yang tebalnya 8-16 mm dengan sudut kampuh dan tinggi dari dasar sampai dasar sudut kampuh dibuat sama dengan sambungan kampuh V terbuka.

2.2.6. Pengujian Makro

Pengujian makro adalah untuk memeriksa permukaan yang terdapat celah-celah, lubang-lubang pada struktur logam yang sifatnya rapuh, bentuk-bentuk patahan benda uji bekas pengujian mekanis yang selanjutnya dibandingkan dengan beberapa logam menurut bentuk dan strukturnya antara satu dengan yang lain menurut kebutuhannya.

Pengamatan makro pada dasarnya adalah melihat perbedaan intensitas sinar pantul permukaan logam yang dimasukkan ke dalam mikroskop sehingga terjadi gambar yang berbeda (agak terang, terang, gelap). Dengan demikian apabila seberkas sinar dikenakan pada permukaan spesimen maka sinar tersebut akan dipantulkan sesuai dengan orientasi sudut permukaan bidang yang terkena sinar. Semakin tidak rata permukaan, maka semakin sedikit intensitas sinar yang terpantul ke dalam mikroskop. Akibatnya, warna yang tampak pada mikroskop adalah warna hitam. Sedangkan permukaan yang sedikit terkorosi akan tampak berwarna terang (putih).

2.2.7. Pengujian Tarik

Pengujian tarik biasanya dilakukan terhadap material uji (spesimen) yang standar. Bahan yang akan diuji tarik mula-mula dibuat menjadi material uji (batang) dengan bentuk sesuai standar.

Pada bagian tengah dari batang uji (pada bagian yang paralel) merupakan bagian yang menerima tegangan yang *uniform* dan pada bagian ini diukurkan “panjang uji” (*gauge length*), yaitu bagian yang dianggap menerima pengaruh dari pembebanan, bagian ini yang selalu diukur panjangnya selama proses pengujian.

Dengan kata lain uji tarik adalah tes di mana sampel dipersiapkan ditarik sampai benda uji patah. Sampel uji tarik dalam pengelasan dapat mengungkapkan kekuatan tarik lasan, batas elastis, titik luluh, dan daktilitas.

2.2.8. Pengujian Tekuk (*Bending*)

Uji tekuk (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual atau dengan kata lain adalah pengujian yang dilakukan akibat beban statis yang terjadi terus menerus. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di weld metal maupun HAZ. Dalam pemberian beban dan penentuan dimensi mandrel ada beberapa factor yang harus diperhatikan, yaitu :

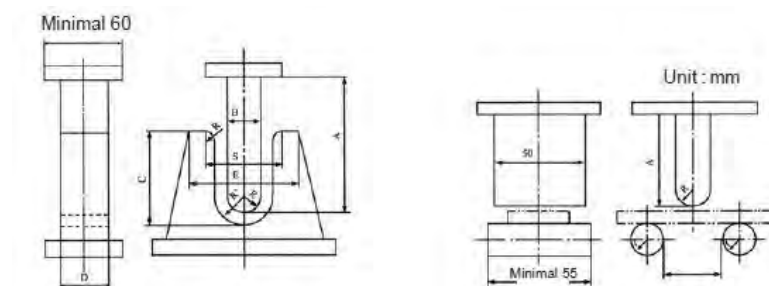
1. Kekuatan tarik (*Tensile Strength*)
2. Komposisi kimia dan struktur mikro terutama kandungan Mn dan C.
3. Tegangan luluh (*yield*).

2.2.8.1. *Transversal Bending*

Pada *transversal bending* ini, pengambilan spesimen tegak lurus dengan arah pengelasan. Berdasarkan arah pembebanan dan lokasi pengamatan, pengujian transversal bending dibagi menjadi tiga, yaitu : *Face Bend* (*bending* pada permukaan las), *Root Bend* (*bending* pada akar las) dan *Side Bend* (*bending* pada sisi las). Dalam penelitian ini saya menggunakan *Side Bend* karena tebal material yang pas dan dalam pengujian *Side Bend* ini sudah mewakili *Face Bend* dan *Root Bend*.

- *Side Bend* (*bending* pada sisi las)

Dikatakan side bend jika bending dilakukan pada sisi las **Gambar 2.8**. Pengujian ini dilakukan jika ketebalan material yang di las lebih besar dari 10 mm. Pengamatan dilakukan pada sisi las tersebut, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak dimanakah letaknya, apakah di Weld metal, HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ).

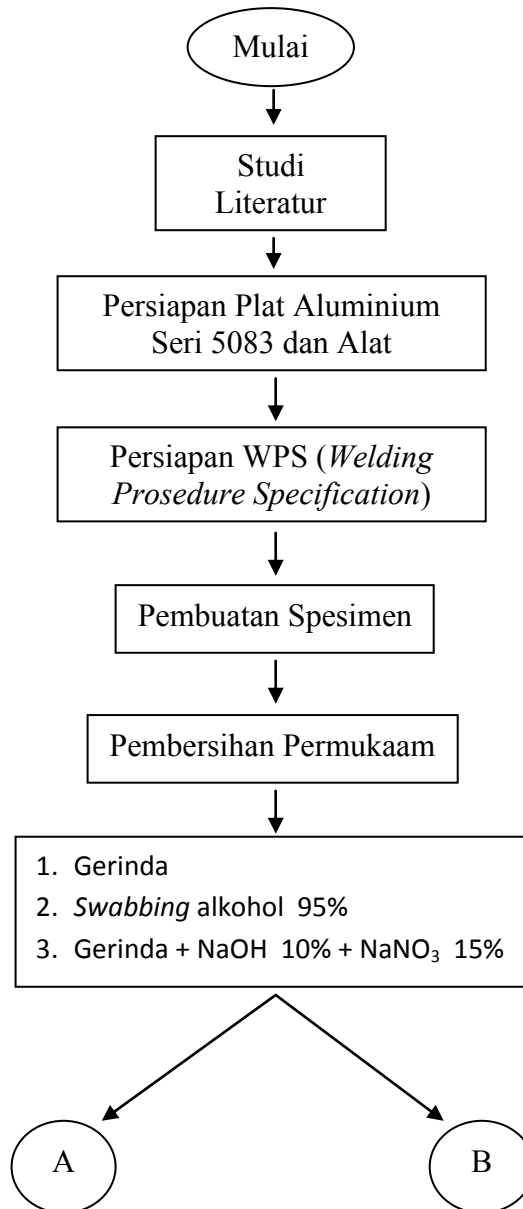


Gambar 2.8 Proses Pengujian *Side Bend* (*Transversal Bending*)

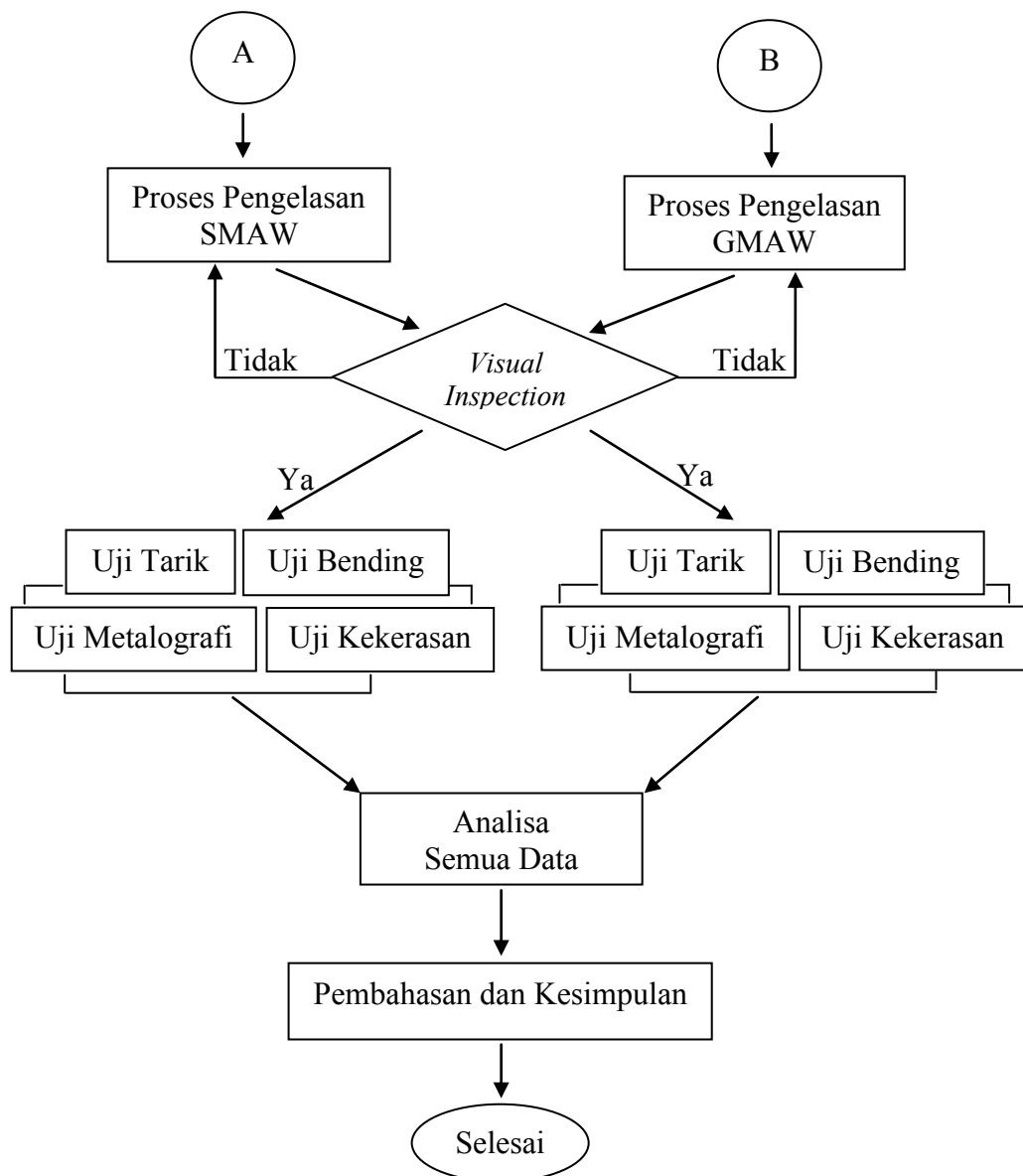
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian



Gambar 3.1 Digram alir pengerjaan tugas akhir



Gambar 3.1 Digram alir pengerjaan tugas akhir (Lanjutan)

3.2. Prosedur Penelitian

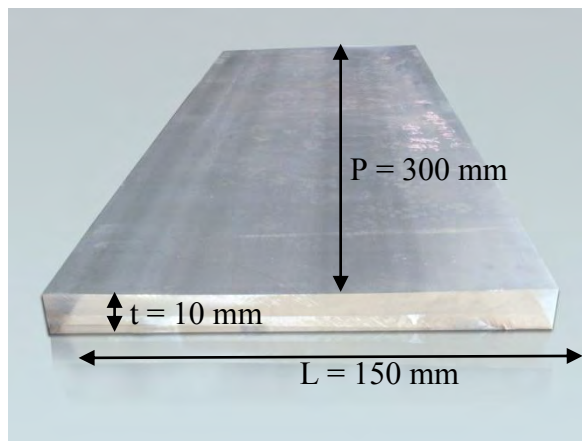
Langkah-langkah penelitian pengerjaan tugas akhir ini tertera dalam diagram alir **Gambar 3.1** dan dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.2.1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Tugas akhir ini diawali dengan pemahaman materi baik yang didapatkan dari kuliah, *text book*, maupun jurnal dan pengumpulan data meliputi propertis material (*thickness, tensile strength, yield streng, poisson's ratio, chemical composition, melting point, dll.*) dan parameter pengelasan (*voltage, ampere, wire speed, pass, dll.*)

3.2.2. Pembuatan Spesimen

Eksperimen kali ini diawali dengan pembuatan spesimen. Spesimen yang digunakan adalah 5083 yang memiliki ketebalan 10 mm, sedangkan jenis bevel yang digunakan adalah single V groove yang dibuat dengan menggunakan grinda. Jumlah spesimen yang dibuat sebanyak delapan buah. Peralatan yang diperlukan untuk pembuatan spesimen ini adalah gerinda, meja kerja, penjepit benda kerja dan meteran.



Gambar 3.2 Material plat aluminium 5083

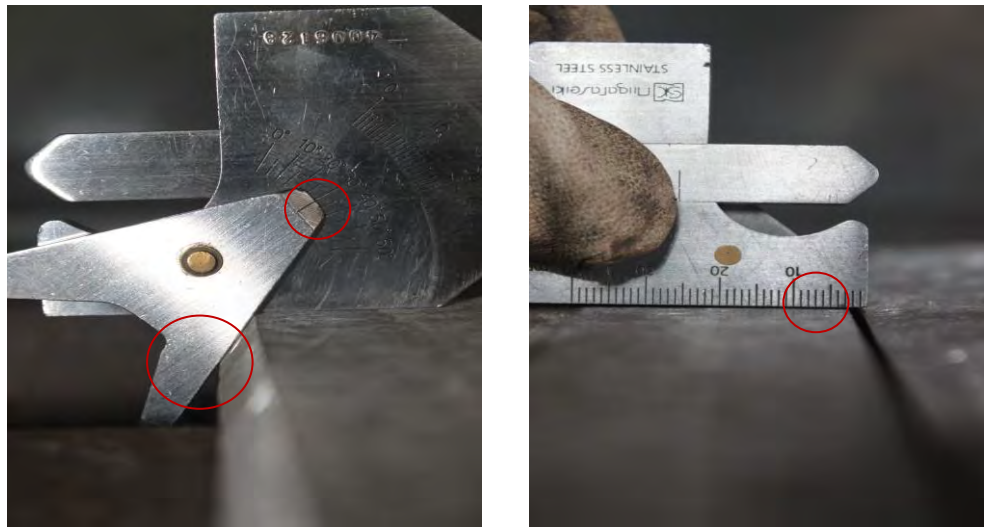
3.2.3. *Welding Procedure Specification (WPS)*

Dalam penelitian ini *Welding Procedure Specification* yang digunakan pada saat pengelasan yang berisi tentang rincian parameter pengelasan, jenis *filler metal*, jenis elektode dan gas pelindung.

3.2.4. Dimensi Spesimen

Langkah- langkah dalam pembuatan *coupon test* adalah:

1. Membentuk spesimen sesuai dengan ukuran test coupon dengan gergaji mesin dengan ukuran 150 mm x 300 mm x 10 mm.
2. Membuat sudut bevel 30° pada *coupon test*, dengan gap 2 mm dengan menggunakan mesin skrap.



Gambar 3.3 *Coupon test* yang telah dibentuk dengan gap sebesar 2 mm (kanan), dan sudut bevel per satu plat 30° (kiri).

3.2.5. Pembersihan Permukaan

Pembersihan sebelum pengelasan perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil pengelasan yang berkualitas. Pembersihan dilakukan dengan cara mengelap permukaan dengan alkohol 95%, cara mekanik yaitu dengan menggunakan mesin gerinda dan kombinasi cara mekanik dan cairan kimia. Pengikisan menggunakan Gerinda pada permukaan material aluminium yang masih terdapat lapisan millscale atau kotoran yang menempel (lemak, debu, atau sisa cat). Dan pembersihan juga dilakukan dengan gerinda lalu dicelup dalam larutan kimia NaOH 10% dengan dipanaskan sampai temperatur 70 °C selama 45 detik kemudian dibasuh dengan air kemudian dicelup lagi dalam larutan kimia Natrium Nitrat 15 % selama 2 menit kemudian dicuci dengan air dingin dan air panas lalu dikeringkan.



Gambar 3.4 Alat – alat untuk pembersihan lapisan oksida, alcohol (kiri atas); NaNO₃ 15% (tengah atas); NaOH 10% (kanan atas); dan batu gerinda (bawah).



Gambar 3.5 Pembersihan lapisan oksida dengan penggerindaan.



Gambar 3.6 Pembasahan kain dengan Alkohol 95% (kiri); dan pengolesan kain yang telah dimplikasi alkohol 95% ke permukaan yang telah dibevel (kanan).

Permukaan plat Al 5083 digerinda untuk setelah itu dicelupkan ke larutan kimia NaOH 10% yang sebelumnya dipanaskan sampai suhu 72 °C di atas cawan kaca.



Gambar 3.7 Plat aluminium 5083 digerinda terlebih dahulu.

Setelah larutan mencapai suhu tersebut maka plat dicelupkan pada bagian yang dibevel yang akan dilakukan pengelasan. Pencelupan dilakukan selama 45 detik, setelah 45 detik lalu plat Al 5083 disiram dengan air dingin dengan temperatur sekitar (*ambient temperature*).

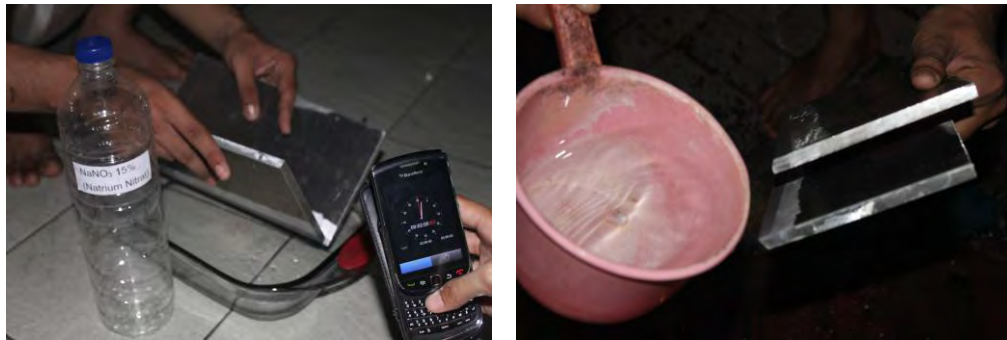


Gambar 3.8 Setelah dilakukan penggerindaan, maka plat dicelup ke dalam larutan NaOH 10% dengan suhu 72°C (kiri); dan plat ditiriskan setelah dicelupkan selama 45 detik (kanan).

Setelah dibilas air dingin, lalu dicelupkan ke larutan kimia NaNO_3 15% di atas cawan kaca selama 2 menit. Untuk suhu larutan NaNO_3 15% berada pada suhu *ambient*. Setelah 2 menit dilakukan pencelupan, maka plat dibilas dengan air panas dengan suhu sekitar 92° C-94° C lalu dibilas dengan air dingin (*ambient temperature*) lalu dibiarkan sesuai dengan jeda waktu yang telah ditentukan. Setelah proses cleaning maka langsung dilakukan proses pengelasan.



Gambar 3.9 Setelah ditiriskan maka plat Al 5083 dibilas dengan air dingin (*ambient temperature*) (kiri); dan kemudian dicelup ke larutan kimia NaNO_3 15% selama 2 menit (kanan).



Gambar 3.10 Setelah berjalan 2 menit, maka plat ditiriskan (kiri); kemudian dibilas air panas dengan suhu 92 – 93°C (kanan).



Gambar 3.11 Setelah dibilas air panas, maka plat Al 5083 dibilas dengan air dingin (*ambient temperature*).

3.3. Proses Pengelasan SMAW dan GMAW

Langkah selanjutnya adalah proses pengelasan. Pengelasan kali ini menggunakan las jenis SMAW dengan jenis elektroda E 7015 dengan diameter 1,2 mm. Arus listrik yang digunakan adalah 100 A.

3.3.1. Peralatan SMAW

Peralatan yang digunakan dalam proses pengelasan SMAW, yaitu:

- *Elektrode Supply*
- Material (aluminium seri 5083)
- Sarung tangan
- Helm dan topeng las dengan kaca pelindung
- Pakaian las
- *Safety shoes*
- Palu
- Penjepit

3.3.2. Peralatan GMAW

Peralatan yang digunakan dalam proses pengelasan GMAW dengan gas pelindung yang digunakan adalah jenis gas argon dan menggunakan jenis elektroda ER5356 dengan diameter 1,2 mm. Arus listrik yang digunakan adalah 120 A. Demikian tambahan untuk pengelasan GMAW, yaitu:

- Welding Gun
- Tabung gas argon
- Regulator tabung gas argon
- *Power source*
- Tang voltase
- Gerinda
- *Brush*
- Thermokopel
- Jangka sorong digital
- Stopwatch
- Meteran

Proses pengelasan diawali dengan pembuatan tack weld pada ujung-ujung material sebagai penyambung material agar tidak bergeser saat dilakukan pengelasan full length. Pengelasan full length pada tiap spesimen dilakukan sebanyak tiga layer. Untuk layer terakhir, sebelum dilakukan pengelasan terlebih dahulu dilakukan proses grinding. Setelah pengelasan full length selesai, dilakukan pengukuran suhu hasil lasan dengan menggunakan thermokopel untuk setiap layer pengelasan.



Gambar 3.12 Mesin Las Multifungsi GMAW (kiri); tabung gas Argon UHP 7 liter (tengah); dan bukti sertifikat komposisi kimia Gas Argon UHP (Kanan).



Gambar 3.13 Proses pengelasan pada material Aluminium 5083 (kiri GMAW) dan (kanan SMAW).

3.4. Pemeriksaan Visual (*Visual Inspection*)

Setelah proses pengelasan dilakukan, langkah pertama pengujian yang dapat dilakukan yaitu pengujian secara visual.

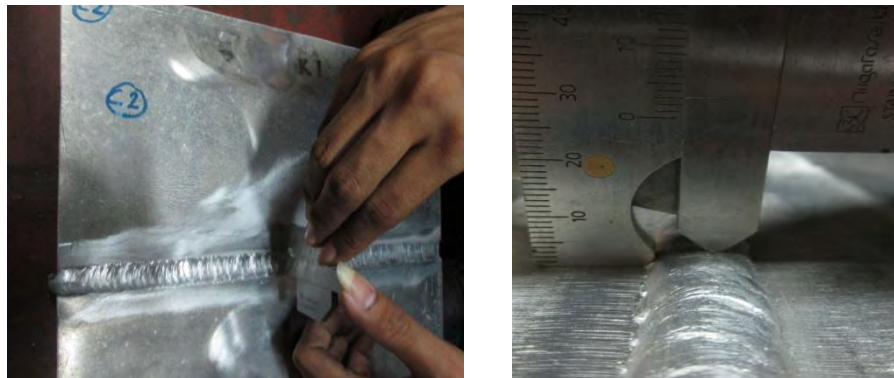
3.4.1. Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk melaksanakan pengujian ini antara lain :

- Penggaris / mistar.
- Sikat baja
- Spidol penand
- Cahaya putih (dengan intensitas minimal 1000 lux).
- *Welding gauge*
- Kamera
- *Lightmeter*.

Pemeriksaan visual dilaksanakan sebelum pengelasan juga sesudah semua proses pengelasan selesai dilakukan. Pemeriksaan visual (*Visual Inspection*) ini bertujuan untuk memeriksa pada kondisi fisik atau permukaan plat aluminium 5083 dari cacat–cacat permukaan yang mungkin timbul dari proses pengelasan.

3.4.2. Langkah–langkah dari pemeriksaan visual antara lain :

1. Plat yang sudah dilas harus dibersihkan dulu dari sisa – sisa spatter, debu, oli dll untuk memudahkan pemeriksaan cacat yang sesungguhnya.
2. Mempersiapkan sumber cahaya yang cukup terang agar dapat menganalisa dengan baik cacat sesungguhnya atau bukan.
3. Intensitas cahaya harus benar – benar mencapai minimal 1000 lux atau 100 fc untuk jarak sumber cahaya dan benda uji minimal sejauh–jauhnya 30 cm.
4. Untuk meyakinkan bahwa cahaya telah mencapai intensitas 1000 lux maka cahaya harus diukur dengan *lightmeter* dan harus terkalibrasi untuk pengukurnya tersebut.



Gambar 3.14 Pengujian secara visual dengan menggunakan *welding gauge*.

5. Apabila cacat ditemukan dapat ditandai dengan spidol khusus atau kapur untuk dilakukan pembenahan supaya cacat visual tidak membuat masalah pada pengujian berikutnya.
6. Dan sesuai dengan standar dari AWS D1.2

Harapan yang diinginkan dari pengujian visual ini supaya dalam tahap pengujian berikutnya material plat dapat teruji dengan baik dan menghemat waktu untuk waktu pengelasan ulang apabila material gagal pada uji berikutnya.

Kriteria Penerimaan AWS D1.2 untuk uji visual

Inspeksi visual dari semua koneksi. semua lasan harus diperiksa secara visual. las yang akan diterima oleh inspeksi visual jika itu menunjukkan berikut:

- 1) Lasan akan memiliki retak.
- 2) Melalui fusi akan ada di antara lapisan yang berdekatan dari logam las dan antara logam las dan logam dasar.

Inspeksi visual koneksi nontubular siklis dimuat. lasan di koneksi nontubular siklis dimuat harus diterima oleh inspeksi visual jika hal itu menunjukkan bahwa:

- 1) Semua kawah harus diisi dengan kesesuaian
- 2) Profil las harus dalam kesesuaian
- 3) Undercut tidak melebihi batas
- 4) Lasan fillet dalam setiap lasan kontinu tunggal mungkin kurang dari nominal ukuran fillet las yang dibutuhkan oleh 1/16 in. (2 mm) tanpa koreksi, asalkan bagian berukuran las tidak melebihi 10% dari panjang las

3.5. Pengujian Metalografi

Pengujian makro adalah untuk memeriksa permukaan yang terdapat celah-celah, lubang-lubang pada struktur logam yang sifatnya rapuh, bentuk-bentuk patahan benda uji bekas pengujian mekanis yang selanjutnya dibandingkan dengan beberapa logam menurut bentuk dan strukturnya antara satu dengan yang lain menurut kebutuhannya.

3.5.1. Alat-alat yang dibutuhkan untuk pengujian metalografi antara lain :

1. *Microscope metallography* terintegrasi dengan komputer.
2. Kamera bermode makro.
3. Spesimen uji mikro dan makro
4. Plastisin.
5. Kertas gosok *waterproof grade* 180, 240, 320, 400, 600, 800, 1200, 1500, 2000.
6. Bubuk alumina (digantikan dengan pasta gigi yang mengandung alumina).
7. Kain Wol.
8. Mesin *Polisher*.

9. Larutan etsa untuk *micro* yaitu 2 (4ml) HF 40% (*Floric acid*), 3 (6ml) HCL 38% (*Cloric acid*), 5 (10ml) HNO₃ 70% (*Nitrit Acid*) dan air distilasi 190 ml.
10. Larutan etsa untuk makro yaitu 20 (50ml) H₂O distilasi, 20 (25ml) HNO₃ 70%, 20 (15ml) HCL 38% dan 5 (10ml) HF 40 %.



Gambar 3.15 Mesin *Polishing* (kiri atas); Proses pemolesan material mikro dan makro (kanan atas); Pemolesan dengan menggunakan pasta alumina (kiri bawah); dan *microscopic metallography* Olympus & 100 mm (kanan bawah).

3.6. Pengujian Kekerasan

Kekerasan (Hardness) menyatakan kemampuan bahan untuk tahan terhadap goresan, abrasi dan indentasi. Kekerasan memiliki korelasi dengan kekuatan. Pada pengujian kekerasan ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada material aluminium yang dilakukan pengelasan dari masing masing mesin las. Ada beberapa metode pengujian kekerasan yang digunakan untuk menguji kekerasan logam, yaitu :

1. Metode Pengujian Kekerasan *Brinell*
2. Metode Pengujian Kekerasan *Vickers*
3. Metode Pengujian Kekerasan *Rockwell*

Dari ketiga metode yang tersebut di atas, pada kasus ini digunakan jenis pengujian kekerasan *Vickers*. Dari pengujian *Vickers* ini sangat sering digunakan karena kepresisian dari indentor berlian piramidanya yang bisa digunakan untuk mengindentasi daerah yang sempit.

3.6.1. Alat yang digunakan untuk pengujian kekerasan *Vickers* antara lain :

1. 1 set mesin uji kekerasan manual
2. spesimen uji kekerasan *Vickers*.
3. Indentor *Vickers*.
4. Stopwatch.
5. Jangka sorong.
6. Tabel pengamatan dan alat tulis.



Gambar 3.16 Mesin *Universal Hardness Brinel – Vickers – Rockwell* (kiri);
Stopwatch dan *Pyramid Diamond Indentor* (kanan).

Setelah alat – alat yang dibutuhkan telah tersedia maka langkah – langkah yang dijalankan selanjutnya yaitu :

1. Setelah sepesimen uji makro yang telah dilakukan pengamatan selesai, maka spesimen ini dapat digunakan untuk pengujian kekerasan *Vickers*.
2. Setelah mesin telah siap maka spesimen diletakkan pada meja pengidentasian.
3. Pada mesin uji hardness, karena terdapat 2 metode pengujian yaitu *Brinell* dan *Vickers* maka tuas harus dirubah ke bagian *Vickers* dengan cara menarik

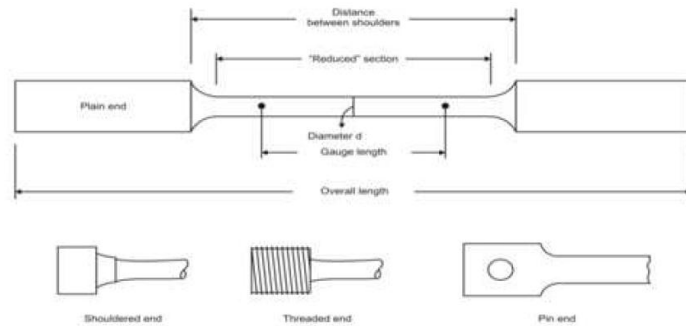
tuas beban bersamaan dengan memindah tuas jenis pengujian kekerasan ke mode *Vickers*.

4. Setelah semua siap maka, benda uji ditempelkan ke identor sebagai tahap *initial force* ke permukaan.
5. Setelah itu, beban diset pada range 10 kgf – 30 kgf untuk pengujian *Vickers* ini. Kemudian tuas beban dilepas menandakan proses identasi sedang berlangsung.
6. Stopwatch dinyalakan, sampai 10 detik – 30 detik maka tuas ditahan untuk dipindah ke daerah selanjutnya yang akan diidentasi.
7. Daerah – daerah yang perlu dilakukan proses identasi antara lain yaitu logam induk, HAZ, dan logam lasan.
8. Setelah identasi semua selesai dilakukan maka pengamatan untuk ukuran bekas identasi diukur dan dimasukkan ke dalam rumus perhitungan kekerasan *Vickers* yaitu :

$$HV = 2P \sin (a/2)/d^2 = 1.8544P/d^2$$

3.7. Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Pengujian tarik biasanya dilakukan terhadap material uji (spesimen) yang standar. Bahan yang akan diuji tarik mula-mula dibuat menjadi material uji (batang) dengan bentuk sesuai standar. Salah satu bentuk batang uji dapat dilihat pada **Gambar 3.19**. Pada bagian tengah dari batang uji (pada bagian yang paralel) merupakan bagian yang menerima tegangan yang *uniform* dan pada bagian ini diukurkan “panjang uji” (*gauge length*), yaitu bagian yang dianggap menerima pengaruh dari pembebanan, bagian ini yang selalu diukur panjangnya selama proses pengujian.



Gambar 3.17 Bentuk material (batang) uji tarik.

Dengan kata lain uji tarik adalah tes di mana sampel dipersiapkan ditarik sampai benda uji patah. Sampel uji tarik dalam pengelasan dapat mengungkapkan kekuatan tarik lasan, batas elastis, titik luluh, dan daktilitas.

Batas elastis logam adalah batas tegangan (beban) yang menahan dan masih kembali ke panjang aslinya setelah beban dilepaskan. Kekuatan tarik lasan terjadi saat benda uji tidak kembali ke panjang aslinya. Daktilitas adalah kemampuan logam untuk meregangkan atau memanjang sebelum rusak.

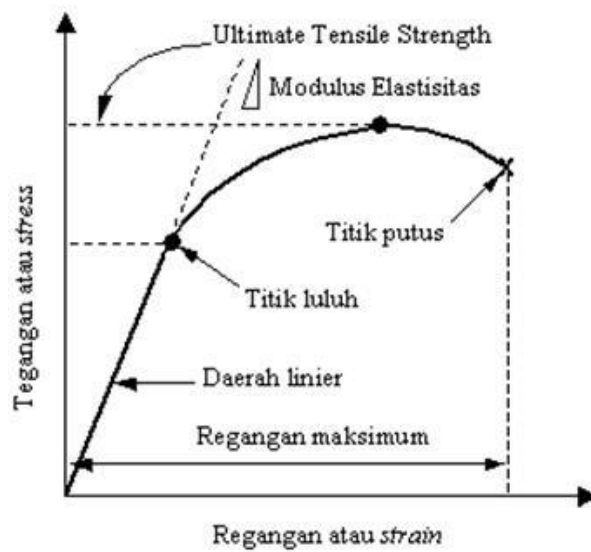
- Tegangan : F = beban (kg)

$$\sigma = \frac{F}{A_o} \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$$
 A_o = luas penampang (mm^2)
- Regangan : L_o = panjang mula-mula

$$\varepsilon = \frac{L - L_o}{L_o} \cdot 100\%$$
 L = panjang setelah diberi beban

maka, hubungan antara stress dan strain adalah :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad E = \text{modulus elastisitas (young modulus)}$$



Gambar 3.18 Kurva tegangan (*stress*) regangan (*strain*) atau Kurva SS.

3.8. Pengujian Tekuk (*Bending Test*)

Uji tekuk (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di weld metal maupun HAZ.

3.8.1. Faktor

Dalam pemberian beban dan penentuan dimensi mandrel ada beberapa factor yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Kekuatan tarik (*Tensile Strength*)
2. Komposisi kimia dan struktur mikro terutama kandungan Mn dan C.
3. Tegangan luluh (*yield*).

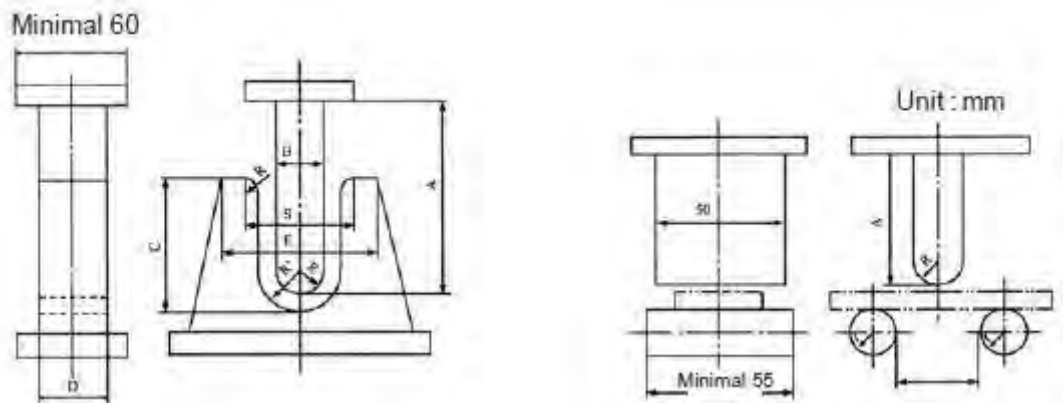
Berdasarkan posisi pengambilan spesimen, uji bending dibedakan menjadi 2 yaitu transversal bending dan longitudinal bending.

3.8.2. Peralatan yang diperlukan untuk uji *bending* antara lain, yaitu :

- Mesin uji *bending*
- Gerinda tangan
- Kaca pembesar
- Palu
- Kacamata pelindung
- Jangka sorong
- Stamping

3.8.3. Side Bend (Bending pada sisi las)

Dikatakan *side bend* jika bending dilakukan pada sisi las. Pengujian ini dilakukan jika ketebalan material yang di las lebih besar dari 3/4 inchi (19 mm). Pengamatan dilakukan pada sisi las tersebut, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak dimanakah letaknya, apakah di Weld metal, HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ).



Gambar 3.19 Contoh uji Bending.

3.9. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini setelah semua *coupon test* plat sudah dilakukan proses pengelasan dengan parameter yang sesuai dengan Pre-WPS yang dibuat dan perlakuan–perlakuan yang telah dilakukan sebelum dilakukan proses pengelasan maka akan segera dilakukan pengolahan data dari pengujian yang akan dilakukan. Sehingga pada akhirnya data dapat disajikan dan dianalisa secara ilmiah dan dapat dipertanggung jawabkan.

3.10. Analisa Semua Data dan Pembahasan

Pada tahap analisa data yaitu dimana data yang telah diperoleh dan diolah dari hasil pengujian yang dilakukan itu didapatkan. Dari semua data yang dikelompokkan maka dapat dilakukan analisa yang sesuai dengan standard atau referensi yang berkatitan dan mendukung secara ilmiah dari pengambilan data yang dilakukan. Sehingga dari hasil analisa tersebut, peneliti dapat melakukan pembahasan akan tujuan dari permasalahan yang dirumuskan pada awal pembahasan.

3.11. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil analisa dan pembahasan yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan dan saran diberikan untuk penelitian yang dapat dilakukan kedepannya. Saran diberikan kepada peneliti apabila terdapat kekurangan dan keterbatasan dalam proses penelitian yang menghasilkan data yang belum sesuai dengan apa yang diharapkan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

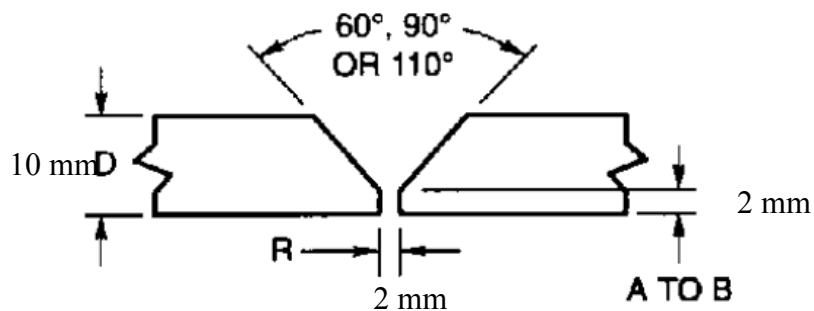
ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. *Welding Prosedure Standard (WPS)*

Percobaan yang dilakukan pada material dengan panjang 300 mm dengan parameter pengelasan dan WPS (*Welding Prosedur Standar*) sebagai berikut :

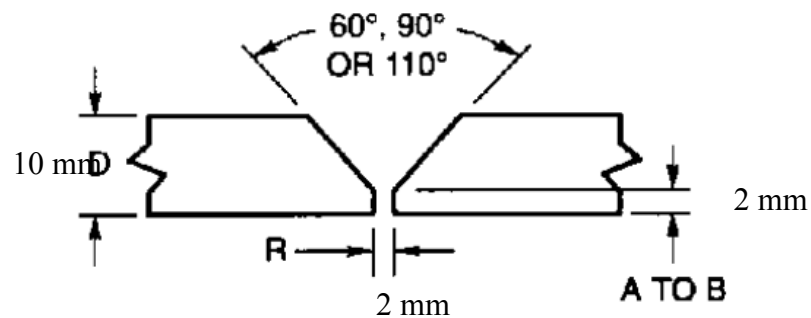
4.1.1. Menggunakan Metode GMAW

Welder	: Rachmad (Welder PPNS)
Proses Pengelasan	: GMAW (<i>Gas Metal Arc Welding</i>)
Desain Sambungan	: Butt Joint
Kampuh	: Single V
Material	: Aluminium seri 5083
Elektroda	: ESAB, ER 5356 diameter 1,2 mm
Dimensi	: 300 mm x 150 mm x 10 mm
Posisi	: 1G
Gas	: Argon



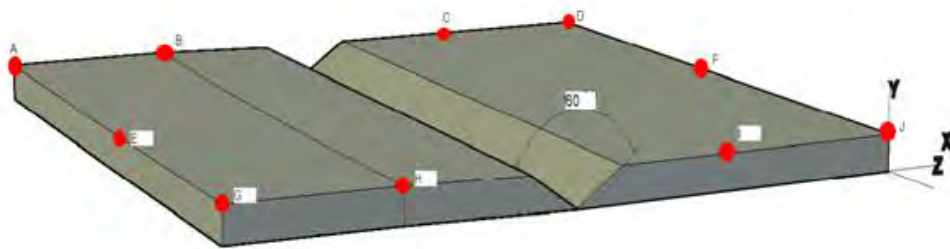
4.1.2. Menggunakan Metode SMAW

Welder	: Rachmad (Welder PPNS)
Proses Pengelasan	: SMAW (<i>Shielded Metal Arc Welding</i>)
Desain Sambungan	: Butt Joint
Kampuh	: Single V
Material	: Aluminium seri 5083
Elektroda	: ESAB, E 7015 diameter 1,2 mm
Dimensi	: 300 mm x 150 mm x 10 mm
Posisi	: 1G



4.2. Sketsa dan Hasil Pengelasan

Dalam penelitian pengelasan kali ini arus yang digunakan hanya 100 ampere untuk SMAW 120 ampere untuk GMAW dan setiap kampuh terdapat 3 kali pengelasan sehingga dapat menutup penuh pada kampuh V tersebut.



Gambar 4.1 Sketsa plat dengan kampuh V menggunakan AutoCAD



Gambar 4.2 Plat aluminium seri 5083 dengan kampuh V sebelum dilakukan pengelasan



Gambar 4.3 Hasil pengelasan plat aluminium seri 5083 dengan menggunakan metode SMAW

Pencatatan pada saat proses pengelasan menggunakan metode SMAW didapatkan data-data seperti pada **Tabel 4.1** berikut :

Tabel 4.1 Hasil *record* proses pengelasan menggunakan metode SMAW

Layer	Process	Filler Metal		Ampere	Volt	Travel Speed
		Class	Diameter			
1	SMAW	E 7015	1,2 mm	100 A	20 V	76 detik
2	SMAW	E 7015	1,2 mm	100 A	20 V	72 detik
3	SMAW	E 7015	1,2 mm	100 A	20 V	83 detik



Gambar 4.4 Hasil pengelasan plat aluminium seri 5083 dengan menggunakan metode GMAW

Pencatatan pada saat proses pengelasan menggunakan metode GMAW didapatkan data-data seperti pada **Tabel 4.2** berikut :

Tabel 4.2 Hasil *record* proses pengelasan menggunakan metode GMAW

Layer	Process	Filler Metal		Ampere	Volt	Travel Speed
		Class	Diameter			
1	GMAW	ER 5356	1,2 mm	120 A	22 V	73 detik
2	GMAW	ER 5356	1,2 mm	120 A	22 V	77 detik
3	GMAW	ER 5356	1,2 mm	120 A	22 V	75 detik

4.3. Pengujian Visual (*Visual Examination Test*)

Dari proses variasi jeda waktu dan variasi pembersihan dan proses pengelasan yang telah dilakukan, dapat diperoleh data untuk masing-masing spesimen yang berupa proses pengelasan dan hasil pengelasan. Yang paling dapat diambil data pertama kali yaitu uji visual. Setelah itu di adakan pengujian diantaranya, uji bending, uji tarik, uji metalografi dan uji kekerasan. Dari data-data hasil pengujian kemudian dianalisa dan diambil kesimpulan.

4.3.1. Uji Visual (*Visual Inspection Test*)

Hasil pengujian visual dari masing-masing metode pengelasan menghasilkan kondisi permukaan yang baik dan menurut dari standar kriteria penerimaan pada AWS D1.2 semua hasil uji visual adalah *accepted*.



Gambar 4.5 Hasil uji visual dari pengelasan GMAW



Gambar 4.6 Hasil uji visual dari pengelasan SMAW

Dari hasil visual tersebut maka diukur ketinggian dari masing – masing mahkota las maupun akar lasnya dengan menggunakan *welding gauge* yang digambarkan pada **Gambar 4.7** dibawah ini :



GMAW



SMAW

Gambar 4.7 Hasil pengukuran pada mahkota dan akar las plat aluminium 5083 dengan menggunakan *welding gauge*.

4.3.2. Kesimpulan dari Uji Visual

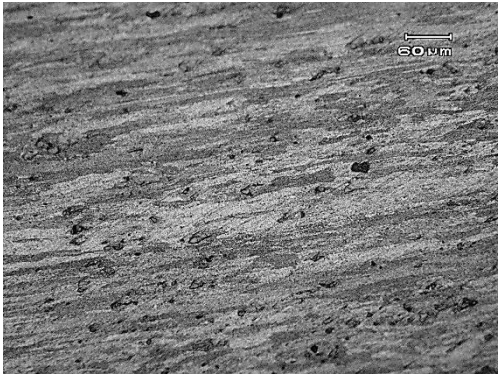
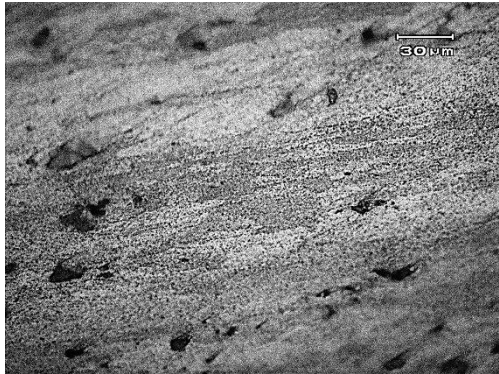
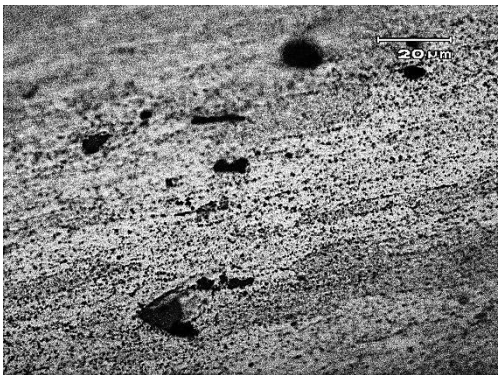
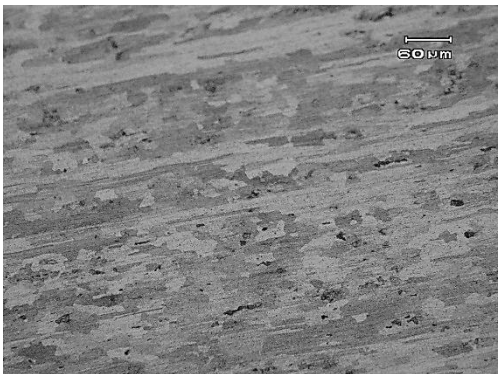
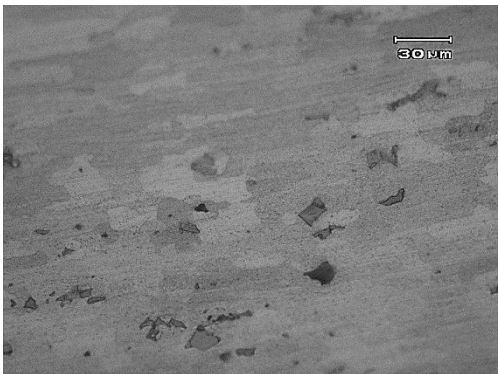
Dari hasil permukaan plat aluminium 5083 dapat dilihat semua bagian *increment* per *increment* tidak ada cacat visual yang cukup berarti. Hasil manik las yang dihasilkan juga sangat baik sesuai dengan ayunan saat proses pengelasan dilakukan. Serta pengukuran ketinggian menunjukkan untuk mahkota las setinggi 2 mm dan akar las setinggi 3 mm. Sehingga sesuai dengan standar kriteria penerimaan uji visual menurut standar AWS D1.2 untuk plat aluminium dinyatakan diterima atau *accepted*.

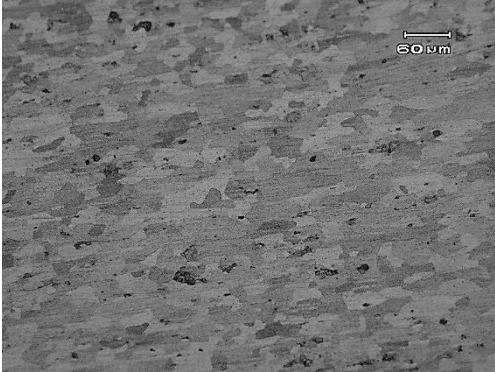

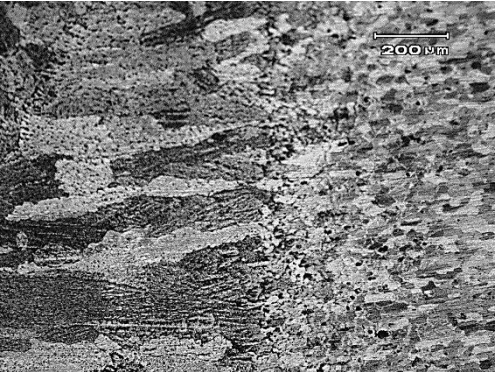
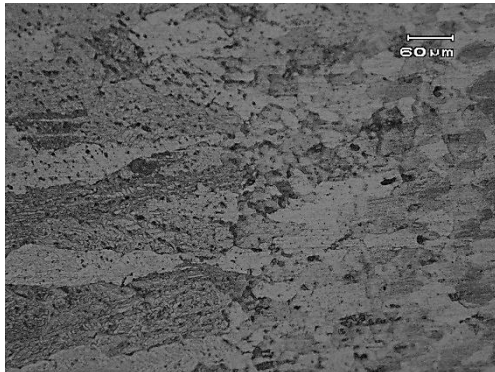
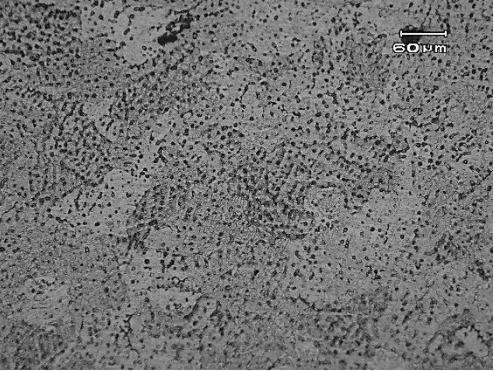
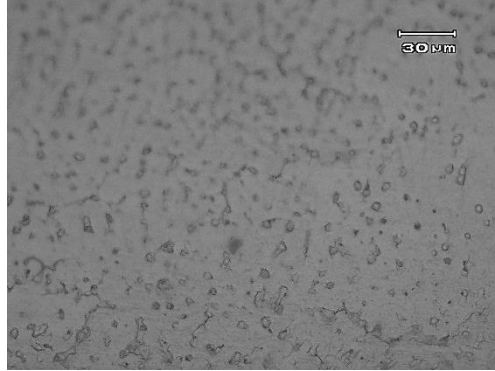
4.4. Pengujian Metalografi

4.4.1. Pengujian Mikro

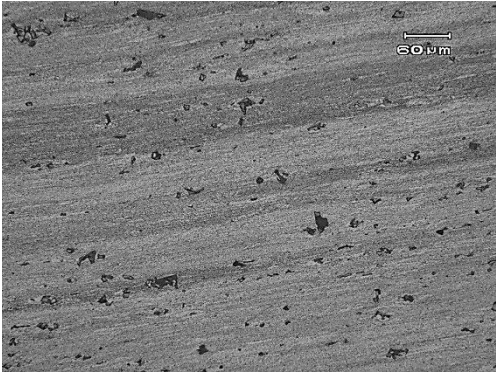

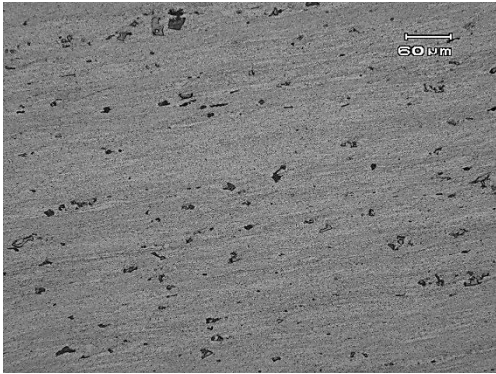
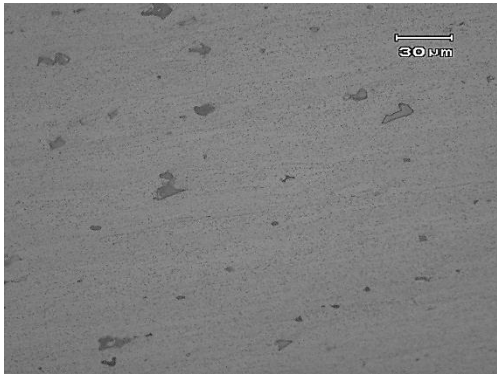
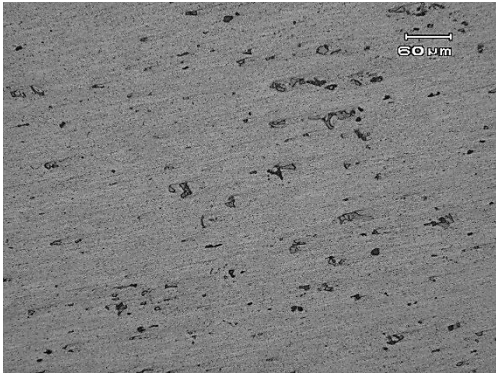
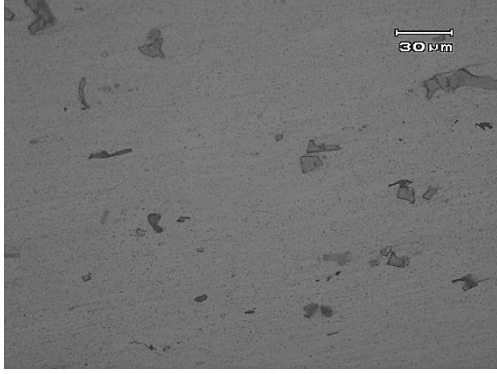
Pengujian mikro dilakukan bertujuan untuk mengetahui bentuk struktur mikro (*microstructure*) setelah dilakukan proses pengelasan. Pengujian mikro dilakukan dengan pembesaran 200x, 500x, dan 1000x. Dari semua pembesaran tersebut tergantung dari bentuk butir dari material yang akan diamati. Apabila bentuk butir mikro menghasilkan citra gambar yang kecil / halus maka pembesaran yang digunakan yaitu pembesaran 500x dan 100x saja. Sedangkan pembesaran 100x khusus digunakan untuk melihat daerah batas area mikro saja (*grain boundaries*), seperti Base Metal – HAZ, atau Fusion Line (FL). Hasil foto mikro dapat dilihat

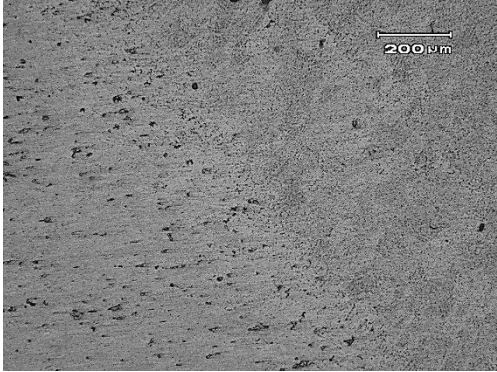
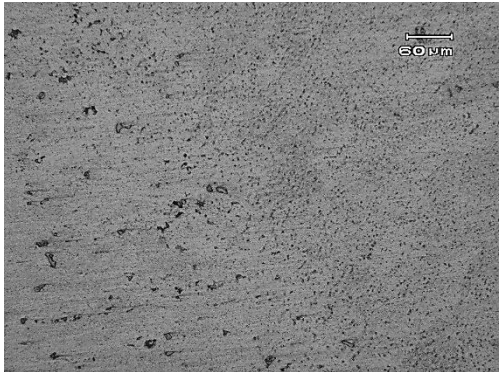
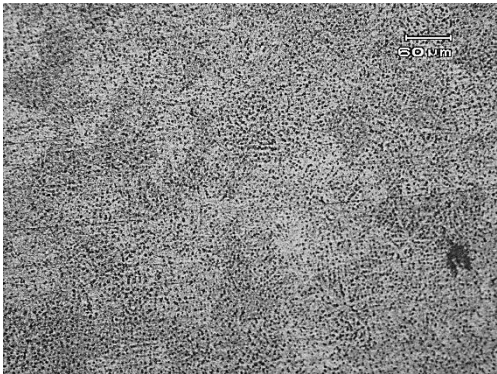
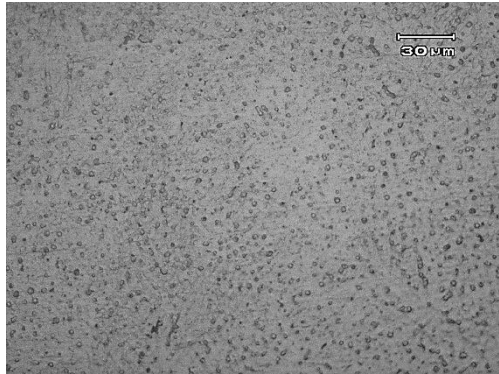
berturut - turut pada **Gambar 4.8** untuk GMAW dan **Gambar 4.9** untuk SMAW dibawah ini :

Base Metal Spesimen GMAW 200x	Base Metal Spesimen GMAW 500x
	
Base Metal Spesimen GMAW 1000x	
	
Base Metal - HAZ Spesimen GMAW 200x	Base Metal - HAZ Spesimen GMAW 500x
	

HAZ Spesimen GMAW 200x	HAZ Spesimen GMAW 500x
	
Fusion Line Spesimen GMAW 100x	Fusion Line Spesimen GMAW 200x
	
Weld Metal Spesimen GMAW 200x	Weld Metal Spesimen GMAW 500x
	

Gambar 4.8 Hasil foto mikro pada spesimen GMAW aluminium 5083

Base Metal Spesimen SMAW 200x	Base Metal Spesimen SMAW 500x
	
Base Metal - HAZ Spesimen SMAW 200x	Base Metal - HAZ Spesimen SMAW 500x
	
HAZ Spesimen SMAW 200x	HAZ Spesimen SMAW 500x
	

Fusion Line Spesimen SMAW 100X	Fusion Line Spesimen SMAW 200X
	
Weld Metal Spesimen SMAW 200x	Weld Metal Spesimen SMAW 500x
	

Gambar 4.9 Hasil foto mikro pada spesimen SMAW aluminium 5083

4.4.2. Pengujian Makro

Pengujian makro merupakan pengujian yang dilakukan dan bertujuan untuk mengetahui daerah – daerah dari hasil proses pengelasan, bisa pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*), *Fusion Line*, atau *Weld Metal* sekalipun. Dari hasil pengujian makro ini dapat diinterpretasi area – area yang terbentuk akibat proses pengelasannya, antara lain lebar HAZ, luasan dari logam las dan HAZ, serta perkiraan jumlah prosentase dilusi dari proses pengelasan tersebut. Pengujian makro ini dilakukan dengan teknik yaitu menghaluskan dengan cara dipoles (*polishing*) satu sisi dari potongan melintang untuk spesimen uji makro dengan

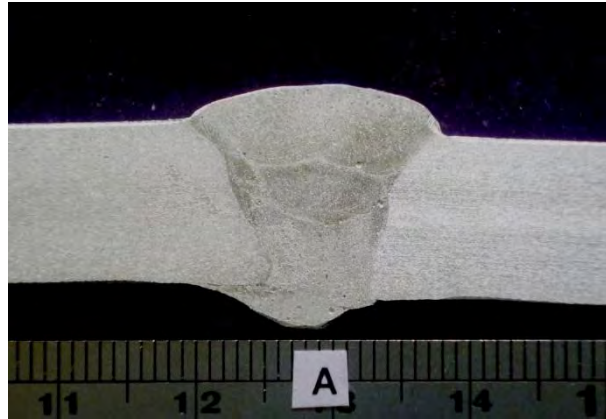
menggunakan kertas gosok (*abrasive paper*) dari grade 180, 240, 320, 400, 600, 800. Apabila dirasa cukup halus pada permukaan maka dapat dilakukan proses *polishing* dengan menggunakan bubuk alumina untuk hasil akhir yang baik serta terhindar dari goresan yang dapat mengurangi kualitas efek hasil foto makro.



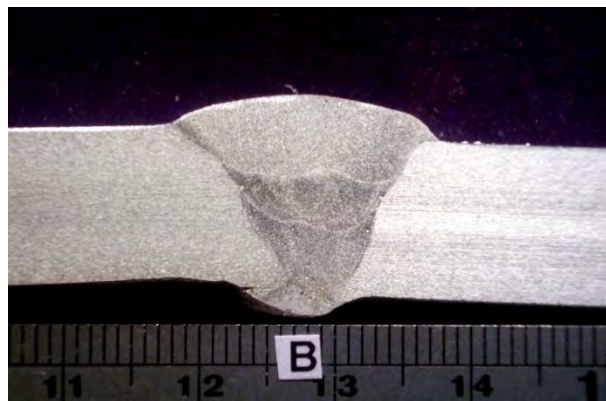
Gambar 4.10 Hasil uji struktur makro pada sambungan pengelasan metode GMAW



Gambar 4.11 Hasil uji struktur makro pada sambungan pengelasan metode SMAW



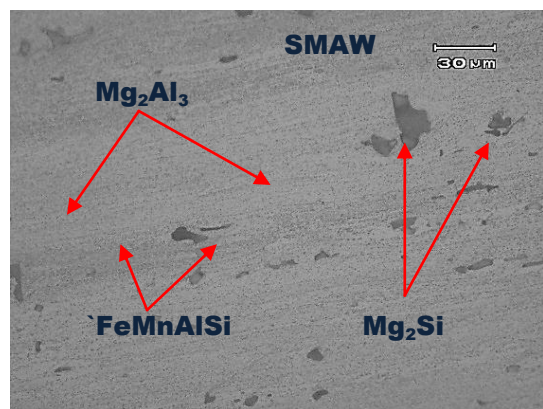
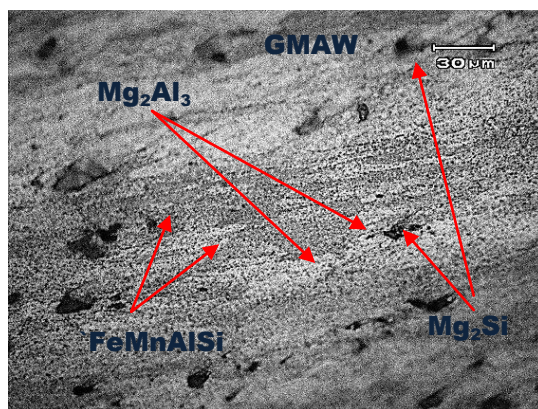
Gambar 4.12 Hasil uji struktur makro pada sambungan las metode GMAW menggunakan mikroskop sinar-X



Gambar 4.13 Hasil uji struktur makro pada sambungan las metode SMAW menggunakan mikroskop sinar-X

4.4.3. Kesimpulan dari Uji Metalografi

Dari gambar spesimen uji mikro tersebut :



Pada hasil mikrostruktur diatas dapat dijelaskan bahwa Mg_2Si berbentuk titik hitam yang bersifat menyebar (*dispersed*) di keseluruhan struktur mikro. Ini diakibatkan bahwa dari unsur silicon (Si) yang bersifat sebagai pengotor (*impurities*) pada daerah hasil foto mikro tersebut. Dan Mg_2Al_3 yang berbentuk memanjang putih sebagai batas butir (*grain boundaries*) daripada $AlFeMnSi$. Sama halnya juga Mg_2Al_3 , $AlFeMnSi$ berbentuk memanjang dengan dibatasi oleh batas butir dari Mg_2Al_3 .

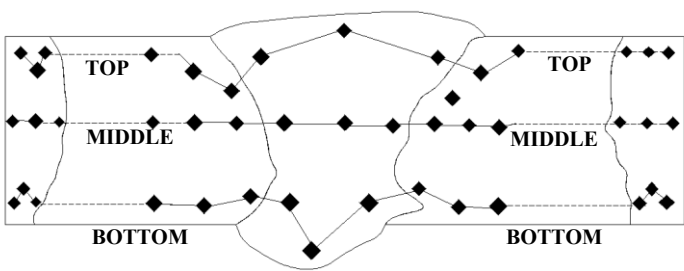
Dari gambar spesimen uji makro tersebut :

1. Adanya indikasi *porosity* pada sambungan las-lasan GMAW namun jika diberi larutan etsa maka penetrasinya akan ke dalam tetapi masih tetap banyak juga yang tidak ke dalam dan *incomplete fusion*.
2. *Porosity* juga banyak terdapat pada las-lasan SMAW namun lebih *complete fusion* karena lebih banyak *porosity* yang terjadi pada las-lasan SMAW.

4.5. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan (*hardness*) pada penelitian ini menggunakan jenis *Vickers Hardness*. Pada pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui kemampuan benda dalam menerima pembebanan atau identasi dengan beban dan waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk pengujian kekerasan pada spesimen ini direncanakan pada **Tabel 4.3** di bawah ini :

Tabel 4.3 Hasil uji kekerasan *Vickers* spesimen GMAW AL 5083

Hardness Vickers Test Point Placement Planning GMAW Speciment	
	Load = 10 Kgf
	Time = 10 s
	Identor = Diamond Pyramid
	Equation = $1,854 \times \left(\frac{P}{dr^2} \right)$

TOP WELDMENT

No	Objek	Koefisien	P	d1	d2	d	d ²	HVN
1	BM	1.854	10	0.460	0.440	0.450	0.203	91.556
2	BM	1.854	10	0.454	0.440	0.447	0.200	92.789
3	BM	1.854	10	0.427	0.435	0.431	0.186	99.806
4	HAZ	1.854	10	0.456	0.478	0.467	0.218	85.011
5	HAZ	1.854	10	0.453	0.459	0.456	0.208	89.162
6	HAZ	1.854	10	0.475	0.455	0.465	0.216	85.744
7	WM	1.854	10	0.500	0.529	0.515	0.265	70.039
8	WM	1.854	10	0.486	0.505	0.496	0.246	75.513
9	WM	1.854	10	0.511	0.498	0.505	0.255	72.843
10	HAZ	1.854	10	0.472	0.525	0.499	0.249	74.607
11	HAZ	1.854	10	0.497	0.473	0.485	0.235	78.818
12	HAZ	1.854	10	0.481	0.448	0.465	0.216	85.929
13	BM	1.854	10	0.440	0.467	0.454	0.206	90.148
14	BM	1.854	10	0.450	0.444	0.447	0.200	92.789
15	BM	1.854	10	0.424	0.438	0.431	0.186	99.806
Rata-rata			BM			94.482		
			HAZ			83.212		
			WM			72.798		

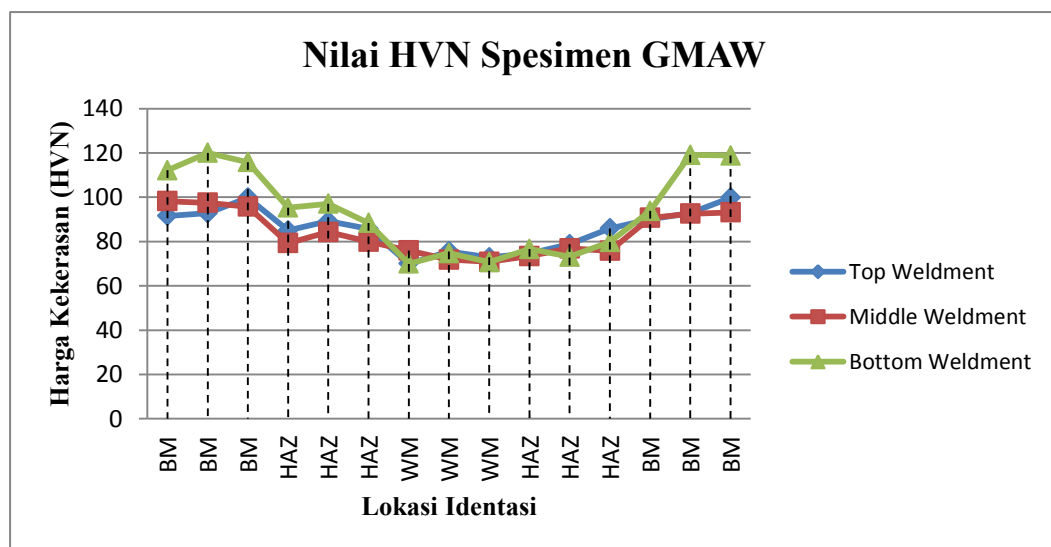
MIDDLE WELDMENT

No	Objek	Koefisien	P	d1	d2	d	d ²	HVN
1	BM	1.854	10	0.432	0.437	0.435	0.189	98.204
2	BM	1.854	10	0.425	0.447	0.436	0.190	97.530
3	BM	1.854	10	0.449	0.431	0.440	0.194	95.764
4	HAZ	1.854	10	0.478	0.489	0.484	0.234	79.308
5	HAZ	1.854	10	0.461	0.477	0.469	0.220	84.288
6	HAZ	1.854	10	0.488	0.475	0.482	0.232	79.968
7	WM	1.854	10	0.500	0.488	0.494	0.244	75.972
8	WM	1.854	10	0.505	0.511	0.508	0.258	71.843
9	WM	1.854	10	0.498	0.525	0.512	0.262	70.863
10	HAZ	1.854	10	0.482	0.523	0.503	0.253	73.424
11	HAZ	1.854	10	0.493	0.489	0.491	0.241	76.904
12	HAZ	1.854	10	0.500	0.489	0.495	0.245	75.819
13	BM	1.854	10	0.443	0.461	0.452	0.204	90.747
14	BM	1.854	10	0.445	0.450	0.448	0.200	92.581
15	BM	1.854	10	0.435	0.457	0.446	0.199	93.205
Rata-rata			BM			94.672		
			HAZ			78.285		
			WM			72.893		

BOTTOM WELDMENT

No	Objek	Koefisien	P	d1	d2	d	d ²	HVN
1	BM	1.854	10	0.401	0.412	0.407	0.165	112.199
2	BM	1.854	10	0.385	0.401	0.393	0.154	120.040
3	BM	1.854	10	0.413	0.387	0.400	0.160	115.875
4	HAZ	1.854	10	0.435	0.447	0.441	0.194	95.331
5	HAZ	1.854	10	0.443	0.431	0.437	0.191	97.084
6	HAZ	1.854	10	0.443	0.473	0.458	0.210	88.385
7	WM	1.854	10	0.532	0.497	0.515	0.265	70.039
8	WM	1.854	10	0.509	0.487	0.498	0.248	74.757
9	WM	1.854	10	0.531	0.493	0.512	0.262	70.724
10	HAZ	1.854	10	0.486	0.498	0.492	0.242	76.591
11	HAZ	1.854	10	0.489	0.518	0.504	0.254	73.133
12	HAZ	1.854	10	0.485	0.479	0.482	0.232	79.802
13	BM	1.854	10	0.455	0.434	0.445	0.198	93.835
14	BM	1.854	10	0.384	0.405	0.395	0.156	119.129
15	BM	1.854	10	0.416	0.374	0.395	0.156	118.827
Rata-rata				BM		113.317		
				HAZ		85.054		
				WM		71.840		

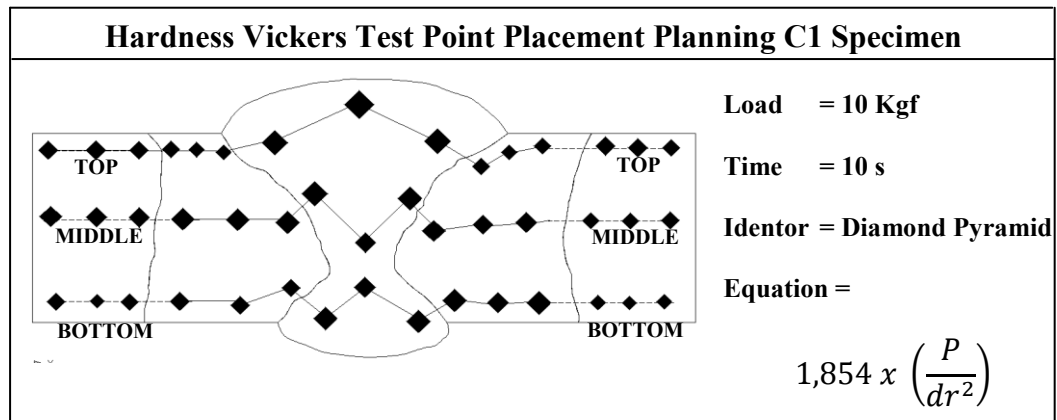
Setelah didapat ukuran – ukuran seperti panjang diagonal 1 (d1) dan panjang diagonal 2 (d2) maka hasil dari masing – masing nilai kekerasannya ditranformasikan ke dalam grafik yang tertera dalam **Gambar 4.14** dibawah ini :



Gambar 4.14 Hasil uji kekerasan spesimen GMAW dalam bentuk grafik

Kemudian berlanjut pada pengujian kekerasan spesimen SMAW dan perencanaan identasinya dipaparkan pada **Tabel 4.4** di bawah ini :

Tabel 4.4 Hasil uji kekerasan *Vickers* spesimen SMAW AL 5083



TOP WELDMENT

No	Objek	Koefisien	P	d1	d2	d	d ²	HVN
1	BM	1.854	10	0.437	0.457	0.447	0.200	92.789
2	BM	1.854	10	0.470	0.432	0.451	0.203	91.150
3	BM	1.854	10	0.450	0.460	0.455	0.207	89.554
4	HAZ	1.854	10	0.476	0.475	0.476	0.226	81.999
5	HAZ	1.854	10	0.474	0.459	0.467	0.218	85.193
6	HAZ	1.854	10	0.490	0.474	0.482	0.232	79.802
7	WM	1.854	10	0.505	0.530	0.518	0.268	69.229
8	WM	1.854	10	0.507	0.540	0.524	0.274	67.651
9	WM	1.854	10	0.500	0.510	0.505	0.255	72.699
10	HAZ	1.854	10	0.477	0.458	0.468	0.219	84.829
11	HAZ	1.854	10	0.488	0.514	0.501	0.251	73.864
12	HAZ	1.854	10	0.475	0.495	0.485	0.235	78.818
13	BM	1.854	10	0.520	0.500	0.510	0.260	71.280
14	BM	1.854	10	0.446	0.425	0.436	0.190	97.754
15	BM	1.854	10	0.456	0.450	0.453	0.205	90.347
Rata-rata			BM		88.812			
			HAZ		80.751			
			WM		69.860			

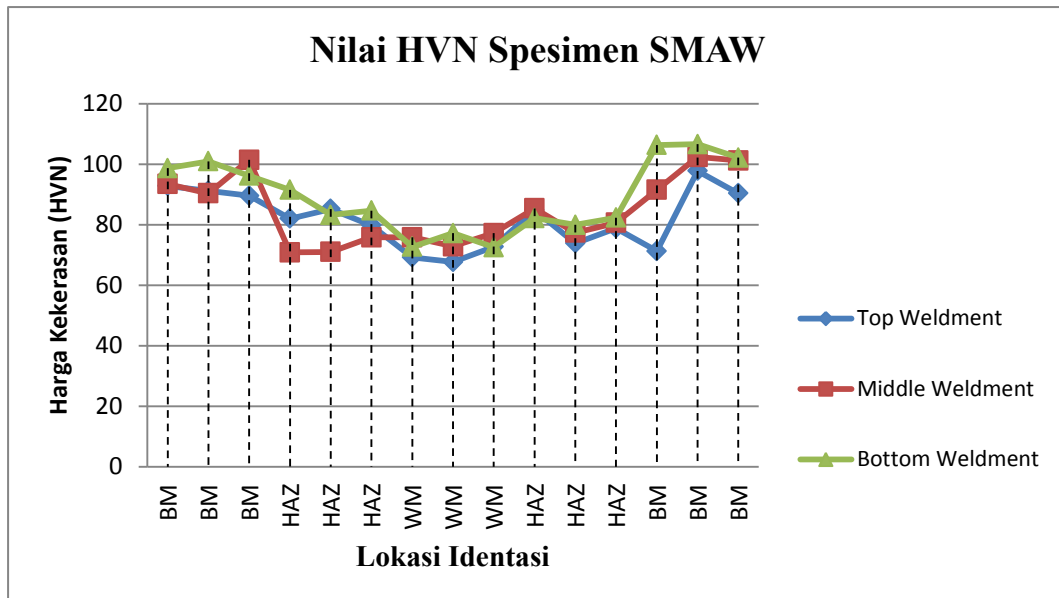
MIDDLE WELDMENT

No	Objek	Koefisien	P	d1	d2	d	d ²	HVN
1	BM	1.854	10	0.443	0.448	0.446	0.198	93.415
2	BM	1.854	10	0.442	0.464	0.453	0.205	90.347
3	BM	1.854	10	0.420	0.435	0.428	0.183	101.447
4	HAZ	1.854	10	0.510	0.513	0.512	0.262	70.863
5	HAZ	1.854	10	0.493	0.529	0.511	0.261	71.002
6	HAZ	1.854	10	0.489	0.500	0.495	0.245	75.819
7	WM	1.854	10	0.490	0.499	0.495	0.245	75.819
8	WM	1.854	10	0.492	0.517	0.505	0.255	72.843
9	WM	1.854	10	0.490	0.490	0.490	0.240	77.218
10	HAZ	1.854	10	0.463	0.469	0.466	0.217	85.376
11	HAZ	1.854	10	0.500	0.479	0.490	0.240	77.376
12	HAZ	1.854	10	0.489	0.470	0.480	0.230	80.637
13	BM	1.854	10	0.434	0.466	0.450	0.203	91.556
14	BM	1.854	10	0.419	0.432	0.426	0.181	102.403
15	BM	1.854	10	0.428	0.428	0.428	0.183	101.210
Rata-rata			BM		96.729			
			HAZ		76.845			
			WM		75.293			

BOTTOM WELDMENT

No	Objek	Koefisien	P	d1	d2	d	d ²	HVN
1	BM	1.854	10	0.433	0.434	0.434	0.188	98.658
2	BM	1.854	10	0.420	0.437	0.429	0.184	100.974
3	BM	1.854	10	0.430	0.448	0.439	0.193	96.201
4	HAZ	1.854	10	0.445	0.455	0.450	0.203	91.556
5	HAZ	1.854	10	0.474	0.470	0.472	0.223	83.220
6	HAZ	1.854	10	0.466	0.470	0.468	0.219	84.648
7	WM	1.854	10	0.510	0.500	0.505	0.255	72.699
8	WM	1.854	10	0.504	0.476	0.490	0.240	77.218
9	WM	1.854	10	0.501	0.510	0.506	0.256	72.555
10	HAZ	1.854	10	0.470	0.480	0.475	0.226	82.172
11	HAZ	1.854	10	0.496	0.467	0.482	0.232	79.968
12	HAZ	1.854	10	0.480	0.469	0.475	0.225	82.345
13	BM	1.854	10	0.410	0.425	0.418	0.174	106.365
14	BM	1.854	10	0.420	0.414	0.417	0.174	106.620
15	BM	1.854	10	0.430	0.422	0.426	0.181	102.162
Rata-rata			BM		101.830			
			HAZ		83.985			
			WM		74.157			

Setelah didapat ukuran – ukuran seperti panjang diagonal 1 (d1) dan panjang diagonal 2 (d2) maka hasil dari masing – masing nilai kekerasannya ditranformasikan ke dalam grafik yang tertera dalam **Gambar 4.15** dibawah ini :



Gambar 4.15 Hasil uji kekerasan spesimen SMAW dalam bentuk grafik

4.5.1. Kesimpulan dari Uji Kekerasan

Dari hasil kekerasan *Vickers* rata – rata dari spesimen GMAW dan SMAW terjadi penurunan kekerasan dari spesimen GMAW pada *base metal* dari nilai **100,824 HVN** menjadi **82,184 HVN** pada daerah HAZ. Dan pada daerah *weld metal* juga terjadi penurunan dari harga kekerasan di HAZ sebesar **82,184 HVN** menjadi **72,510 HVN**. Kemudian pada spesimen C1 *base metal* dari nilai **95,790 HVN** menjadi **80,527 HVN** pada daerah HAZ. Dan pada daerah *weld metal* juga terjadi penurunan dari harga kekerasan di HAZ sebesar **80,527 HVN** menjadi **73,103 HVN**. Dengan variasi pembersihan dengan gerinda, untuk setiap jeda waktunya harga kekerasan *Vickers* dari logam induk menuju HAZ dan logam las mengalami penurunan. Tetapi hasil rata- rata kekerasannya pada logam las dan HAZ tetap stabil dengan semakin bertambahnya jeda waktu. Dengan variasi pembersihan dengan alkohol 95%, untuk setiap jeda waktunya harga kekerasan *Vickers* dari logam induk menuju HAZ dan logam las mengalami penurunan tetapi hasil rata – rata kekerasan *Vickers* pada logam las mengalami kenaikan seiring dengan jeda waktu yang semakin bertambah. Ini berhubungan dengan pembentukan struktur

mikronya, bahwa karena adanya pemolesan menggunakan alkohol 95% maka terjadi reaksi *eksotermis* dan *endotermis* yang mempengaruhi sifat dari permukaan aluminium seri 5083 yang dioleskan. Sehingga dengan tumbuhnya *intermetallic compound* Mg_2Si sehingga kekerasan pada logam las semakin tinggi dengan bertambahnya Mg_2Si di setiap bertambahnya jeda waktu.

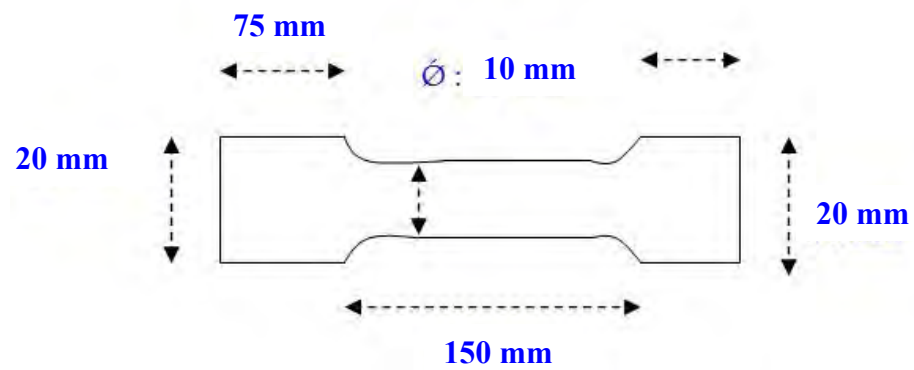
4.6. Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Sifat mekanis logam yang dapat diketahui setelah proses pengujian ini seperti kekuatan tarik, keuletan dan ketangguhan. Pengujian tarik sangat dibutuhkan untuk menentukan desain suatu produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Karena dengan pengujian tarik dapat diukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan.

4.6.1. Peralatan yang digunakan untuk uji tarik :

1. Mesin uji tarik
2. Jangka sorong
3. Meteran

Bahan yang digunakan untuk uji tarik adalah batang uji yang telah dibentuk sesuai standar untuk uji tarik.



Gambar 4.16 Bentuk standar material yang akan diuji tarik.



Gambar 4.17 Hasil material dengan metode pengelasan GMAW yang telah dilakukan uji tarik.



Gambar 4.18 Hasil material dengan metode pengelasan SMAW yang telah dilakukan uji tarik.

Tabel 4.5 Hasil *record* dari uji tarik.

Units	T (mm)	W (mm)	Ao (mm ²)	GL (mm)	MF (kN)	MS (MPa)	El (%)
GMAW	11,73	18,83	220,88	84,62	21,16	95,78	3,04
SMAW	11,86	18,93	224,51	84,22	17,11	76,22	2,73

Keterangan :

T = Tebal (*Thickness*)
 W = Lebar (*Width*)
 Ao = Luas penampang
 El = Perpanjangan (*Elongation*)

GL = Pengukur panjang (*Gauge Length*)

MF = *Max Force*

MS = *Max Stress*

Tegangan dan Regangan GMAW :

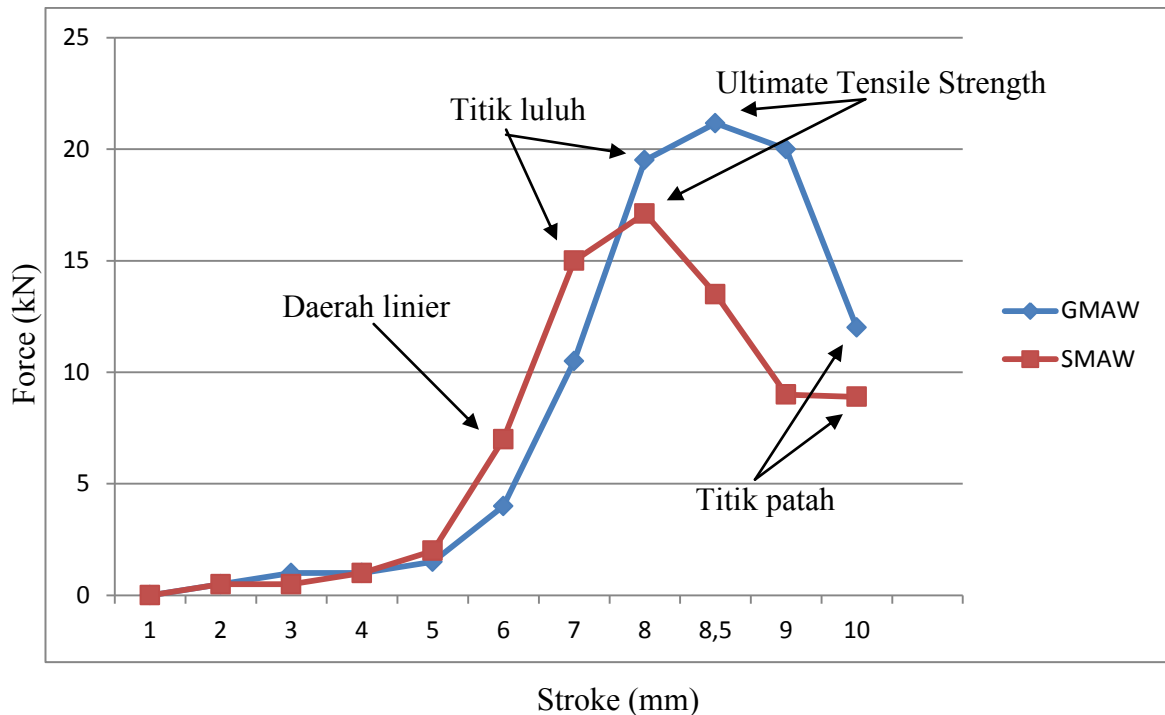
$$\sigma = \frac{F}{A_o} = \frac{21,16}{220,88} = 0,09579862 \text{ kN/mm}^2 = 95798620 \text{ N/m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{L-L_o}{L_o} = \frac{18,83-10}{10} \cdot 100\% = 0,883$$

Tegangan dan Regangan SMAW :

$$\sigma = \frac{F}{A_o} = \frac{17,11}{224,51} = 0,07621041 \text{ kN/mm}^2 = 76210410 \text{ N/m}^2$$

$$\varepsilon = \frac{L-L_o}{L_o} = \frac{18,93-10}{10} \cdot 100\% = 0,893$$



Gambar 4.19 Perbandingan grafik hasil uji tarik pada batang uji dengan menggunakan pengelasan GMAW dan SMAW.

4.6.2. Kesimpulan dari Uji Tarik.

Kesimpulannya adalah seperti yang terlihat pada **Tabel 4.3** dan juga dapat terlihat pada **Gambar 4.16** bahwa pengelasan yang dihasilkan dari metode GMAW lebih kuat dan padat dibandingkan dengan pengelasan metode SMAW karena material dapat putus dengan waktu lebih cepat dan hanya dengan beban maksimal **17,11 kN** sedangkan pada uji tarik untuk pengelasan metode GMAW membutuhkan waktu lebih lama dan membutuhkan beban maksimal yang lebih besar yaitu **21,16 kN**. Pada material yang dilas dengan metode pengelasan GMAW terlihat lebih panjang garis tegangannya pada grafik, maka benda tersebut semakin elastis, sedangkan pada material yang dilas dengan metode pengelasan SMAW terlihat lebih pendek garis tegangannya pada grafik, maka benda tersebut semakin getas.

4.7. Pengujian Tekuk (*Bending Test*)

4.7.1. Peralatan Uji Tekuk (*Bending Test*)

1. Mesin uji *bending*
2. Gerinda
3. Kacamata pelindung
4. Spidol
5. Kabel daya
6. Sarung tangan pelindung
7. Jangka sorong

4.7.2. Bahan Uji Tekuk (*Bending Test*)

1. Spesimen uji *bending* untuk *side bend* (3 buah dari pengelasan GMAW)
2. Spesimen uji *bending* untuk *side bend* (3 buah dari pengelasan SMAW)
3. Batu gerinda kasar (1 buah)
4. Batu gerinda halus (1 buah)

4.7.3. Pengujian Pada Mesin Pengujian *Bending*

- a) Catat data mesin pada lembar kerja.
- b) Ambil spesimen dan letakkan pada tempatnya secara tepat.
- c) Atur beban dan berikan beban secara kontinyu.
- d) Ambil spesimen dan amati permukaannya. Bila terdapat cacat, ukur dan catat pada lembar kerja bentuk, dimensi, tempat dan jenis cacat.
- e) Ulangi langkah di atas untuk seluruh spesimen.



Gambar 4.20 Hasil uji *side bend* dengan metode pengelasan GMAW; berhasil pada semua pengujian.

Tabel 4.6 Hasil dari uji tekuk (*bending*) pada material dengan pengelasan GMAW.

No.	Sample Stamp & Type of Bend	Diameter Mandrel	Type of Discontinuity	Size of Discontinuity (mm)	Remark
1.	Side Bend A1	50 mm	Open Crack	2,00	Accept
2.	Side Bend A2	50 mm	Open Crack	2,00	Accept
3.	Side Bend A3	50 mm	Open Crack	2,00	Accept



Gambar 4.21 Hasil uji *side bend* dengan metode pengelasan SMAW ; berhasil (atas kiri) ; gagal (atas kanan) dan gagal (bawah).



Gambar 4.22 Cacat pada spesimen dengan metode pengelasan SMAW.

Tabel 4.7 Hasil dari uji tekuk (*bending*) pada material dengan pengelasan SMAW.

No.	Sample Stamp & Type of Bend	Diameter Mandrel	Type of Discontinuity	Size of Discontinuity (mm)	Remark
1.	Side Bend B1	50 mm	Open Crack	3,10	Accept
2.	Side Bend B2	50 mm	Open Crack	12,00	Reject
3.	Side Bend B3	50 mm	Open Crack	12,00	Reject

4.7.4. Kriteria Kelulusan Uji Tekuk (*Bending Test*)

Untuk dapat lulus dari uji bending maka hasil pengujian harus memenuhi standar ASME sebagai berikut :

1. Pada daerah Weld metal dan HAZ ukurannya tidak melebihi 1/8 inchi ($\pm 3,2$ mm) yang diukur dari segala arah permukaan.
2. Pada daerah pelapisan ukuran cacat maksimal 1.6 mm.
3. Cacat pada sudut diabaikan kecuali akibat SI (*Slag Inclusion*) dan IF (*Incomplete Fusion*) dan *Internal Discontinuities*.

4.7.5. Standar Menurut ASME Section IX edisi 2010

Standarnya dapat dinyatakan bahwa :

- a. Spesimen SB A1, SB A2 dan SB A3 (Metode Pengelasan GMAW)

Pengujian yang dilakukan dengan metode *side bend* mengalami cacat porositas, tetapi dengan ukuran 2,00 mm yang berarti pengujian pada spesimen ini dengan menggunakan metode *side bend* dinyatakan *accepted* karena cacat pada spesimen ini masih sesuai kriteria kelulusan yang ditetapkan oleh standar ASME Section IX edisi 2010 dan kualitas pengelasannya dapat dikatakan baik.

- b. Spesimen SB B1, SB B2 dan SB B3 (Metode Pengelasan SMAW)

Pengujian yang dilakukan dengan metode *side bend* ini mengalami cacat pada bagian *weld metal* dan pada spesimen B1. Jenis cacatnya yaitu *open crack* dan *longitudinal crack* dengan ukuran 3,1 mm pada spesimen B1 dan dengan ukuran 12,00 pada spesimen B2 dan B3. Dikatakan *open crack* karena pada cacat tersebut terdapat liang-liang renik (*porosity/gas*). Pada pengujian spesimen B1 dengan menggunakan metode *side bend* ini dinyatakan *accepted* karena ukuran cacat dari spesimen tersebut masih masuk kriteria kelulusan yang ditetapkan oleh standar ASME Section IX edisi 2010, tetapi pada pengujian spesimen B2 dan B3 dinyatakan *reject* karena ukuran cacat dari spesimen tersebut melebihi kriteria kelulusan yang ditetapkan oleh standar ASME Section IX edisi 2010.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilaksanakan yaitu hasil perbandingan dari proses pengelasan menggunakan metode SMAW dan metode GMAW terhadap ketahanan *bending* pada sambungan aluminium seri 5083 dapat ditarik beberapa kesimpulan berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan antara lain sebagai berikut :

1. Pengujian Visual

Hasil manik las yang dihasilkan juga sangat baik sesuai dengan ayunan saat proses pengelasan dilakukan. Serta pengukuran ketinggian menunjukkan untuk mahkota las setinggi 2 mm dan akar las setinggi 3 mm. Sehingga sesuai dengan standar kriteria penerimaan uji visual menurut standar AWS D1.2 untuk plat aluminium dinyatakan diterima atau *accepted*.

2. Pengujian Metalografi

Uji Mikro :

Pada hasil mikrostruktur diatas dapat dijelaskan bahwa Mg_2Si berbentuk titil hitam yang bersifat menyebar (*dispersed*) di keseluruhan struktur mikro. Ini diakibatkan bahwa dari unsur silikon (Si) yang bersifat sebagai pengotor (*impurities*) pada daerah hasil foto mikro tersebut. Dan Mg_2Al_3 yang berbentuk memanjang putih sebagai batas butir (*grain boundaries*) daripada AlFeMnSi. Sama halnya juga Mg_2Al_3 , AlFeMnSi berbentuk memanjang dengan dibatasi oleh batas butir dari Mg_2Al_3 .

Uji Makro :

- Hasil dari pengujian makro terdapat indikasi *porosity* pada sambungan las-lasan GMAW namun jika diberi larutan etsa maka penetrasinya akan ke dalam tetapi masih tetap banyak juga yang tidak ke dalam dan *incomplete fusion*.
- *Porosity* juga banyak terdapat pada las-lasan SMAW namun lebih *complete fusion* karena lebih banyak *porosity* yang terjadi pada las-lasan SMAW.

Manfaat dilakukannya uji metalografi ini adalah untuk memeriksa permukaan yang terdapat celah-celah, lubang-lubang pada struktur logam yang sifatnya rapuh, bentuk-bentuk patahan benda uji bekas pengujian mekanis yang selanjutnya dibandingkan dengan beberapa logam menurut bentuk dan strukturnya antara satu dengan yang lain menurut kebutuhannya.

3. Pengujian Kekerasan

Dari hasil kekerasan *Vickers* rata – rata dari spesimen GMAW dan SMAW terjadi penurunan kekerasan dari spesimen GMAW pada *base metal* dari nilai **100,824 HVN** menjadi **82,184 HVN** pada daerah HAZ. Dan pada daerah *weld metal* juga terjadi penurunan dari harga kekerasan di HAZ sebesar **82,184 HVN** menjadi **72,510 HVN**. Kemudian pada spesimen C1 *base metal* dari nilai **95,790 HVN** menjadi **80,527 HVN** pada daerah HAZ. Dan pada daerah *weld metal* juga terjadi penurunan dari harga kekerasan di HAZ sebesar **80,527 HVN** menjadi **73,103 HVN**. Dengan variasi pembersihan dengan gerinda, untuk setiap jeda waktunya harga kekerasan *Vickers* dari logam induk menuju HAZ dan logam las mengalami penurunan. Tetapi hasil rata- rata kekerasannya pada logam las dan HAZ tetap stabil dengan semakin bertambahnya jeda waktu. Dengan variasi pembersihan dengan alkohol 95%, untuk setiap jeda waktunya harga kekerasan *Vickers* dari logam induk menuju HAZ dan logam las mengalami penurunan tetapi hasil rata – rata kekerasan *Vickers* pada logam las mengalami kenaikan seiring dengan jeda waktu yang semakin bertambah. Sehingga dengan tumbuhnya *intermetallic compound* Mg_2Si sehingga kekerasan pada logam las semakin tinggi dengan bertambahnya Mg_2Si di setiap bertambahnya jeda waktu.

4. Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Kesimpulannya yang didapat dari pengujian tarik tersebut adalah :

- Bahwa pengelasan yang dihasilkan dari metode GMAW lebih kuat dan padat dibandingkan dengan pengelasan metode SMAW karena material dapat putus dengan waktu lebih cepat dan hanya dengan beban maksimal **17,11 kN** sedangkan pada uji tarik untuk pengelasan metode GMAW membutuhkan waktu lebih lama dan membutuhkan beban maksimal yang lebih besar yaitu **21,16 kN**.

- Pada material yang dilas dengan metode pengelasan GMAW terlihat lebih panjang garis tegangannya pada grafik, maka benda tersebut semakin elastis, sedangkan pada material yang dilas dengan metode pengelasan SMAW terlihat lebih pendek garis tegangannya pada grafik, maka benda tersebut semakin getas.

Pengujian tarik ini merupakan salah satu pengujian yang penting untuk dilakukan, karena dengan pengujian ini dapat memberikan berbagai informasi mengenai sifat-sifat logam. Dalam bidang industri juga diperlukan pengujian tarik ini untuk mempertimbangkan faktor metalurgi dan faktor mekanis yang tercakup dalam proses perlakuan terhadap logam jadi, untuk memenuhi proses selanjutnya.

5. Pengujian Tekuk (*Bending Test*)

- Spesimen SB A1, SB A2 dan SB A3 (Metode Pengelasan GMAW)

Pengujian yang dilakukan dengan metode *side bend* mengalami cacat porositas, tetapi dengan ukuran 2,00 mm yang berarti pengujian pada spesimen ini dengan menggunakan metode *side bend* dinyatakan *accepted* karena cacat pada spesimen ini masih sesuai kriteria kelulusan yang ditetapkan oleh standar ASME *Section IX* edisi 2010 dan kualitas pengelasannya dapat dikatakan baik.

- Spesimen SB B1, SB B2 dan SB B3 (Metode Pengelasan SMAW)

Pengujian yang dilakukan dengan metode *side bend* juga ini mengalami cacat pada bagian *weld metal* dan pada spesimen B1. Jenis cacatnya yaitu *open crack* dan *longitudinal crack* dengan ukuran 3,1 mm pada spesimen B1 dan dengan ukuran 12,00 pada spesimen B2 dan B3. Dikatakan *open crack* karena pada cacat tersebut terdapat liang-liang renik (*porosity/gas*) dan dikatakan *longitudinal crack* karena pada cacat tersebut terdapat retakan pada bagian yang diuji. Pada pengujian spesimen B1 dengan menggunakan metode *side bend* ini dinyatakan *accepted* karena ukuran cacat dari spesimen tersebut masih masuk kriteria kelulusan yang ditetapkan oleh standar ASME *Section IX* edisi 2010, tetapi pada pengujian spesimen B2 dan B3 dinyatakan *reject* karena ukuran cacat dari

spesimen tersebut melebihi kriteria kelulusan yang ditetapkan oleh standar ASME *Section IX* edisi 2010.

Beberapa hal yang dapat menyebabkan cacat pengelasan pada percobaan ini yaitu:

1. *Porosity* yaitu tertangkapnya gas/ udara dalam proses las.
2. *Longitudinal crack* yaitu ketidak paduan linier yang disebabkan karena fracture kesalahan perlakuan panas.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka peneliti mempunyai saran yang perlu dilakukan untuk penelitian kedepannya antara lain :

1. Pengelasan sebaiknya dilakukan tanpa *back weld* supaya menghindari ketidaktembusan pada saat dilakukan *back weld*.
2. Supaya dilanjutkan lagi untuk melakukan pengujian lain seperti uji radiografi, uji kekerasan, uji kadar kimia dan pengujian lain yang dapat dilakukan untuk dapat benar-benar memastikan bahwa pengelasan dengan metode GMAW memang jauh lebih baik daripada pengelasan dengan metode SMAW pada aluminium seri 5083.

DAFTAR PUSTAKA

- ASME section II. 2001. **“Materials”**. New York : The American Society of Mechanical Engineers New York.
- ASME section IX. 2001. **“Qualification Standard For Welding And Brazing Procedures, Welders, Brazers, And Welding And Brazing Operators”**. New York : The American Society of Mechanical Engineers New York.
- Petrus, Wahyu. 2015. **“Analisis Kekuatan Sambungan Kampuh I Pada Pengelasan Aluminium Menggunakan Las SmaW Dengan Elektroda S115”**. Anduonou Kendari : Universitas Haluoleo.
- Anderson, Tony. 2008. **“Understanding The Aluminum Alloys”**. ESAB Group, Michigan : USA.
- Anam, Muhammad Syaiful. 2009. **“Analisa Perilaku Tegangan Sisa Dan Sudut Distorsi Pada Sambungan Fillet Dengan Variasi Tebal Pelat Menggunakan Metode Elemen Hingga”**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hidayat, Fauzi Imam. 2014. **“Analisa Pengujian Kelengkungan Pada Material Baja Menggunakan Las GMAW Dengan Variasi Variabel Heat Input”**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bradley, GR., James, MN. 2000. **“Geometry and Microstructure of Metal Inert Gas and Friction Stir Welded Alloy”**. 5383-H321”.
- Genculu, Semih. 2007. **“Structural Steel Welding”**. Dakota : PDH Center.
- Gery , D., Long, h., Maropoulos, p. 2005. **“Effects of welding speed, energy input and heat source distribution on temperature variations in butt joint welding”**. Journal of Materials Processing Technology. 167 : 393–401.
- Totten E, George. (2003), **“Handbook of Aluminium Volume 1, Physical Metallurgy and Processes”**. Marcell Dexter. Inc., New York., USA.170.
- Mathers, Gene. (2002), **“The Welding of Aluminum and Its Alloy”**. Woodhead Publishing Limited., Cambridge, England, 35 – 46.
- Long, H., Gery, D., Carlier, A., Maropoulos, P.G. 2009. **“Prediction of welding distortion in butt joint of thin plates”**. Materials and Design 30 (2009) 4126–4135.

Katsas, S., Nikolaou, J., Papadimitriou, G. 2005. “*Microstructural changes accompanying repair welding in 5xxx alloys and their effect on the mechanical properties*”. Materials and Design 27 (2006) 968–975.

Sonawan, Hery, Suratman R. 2003 “**Pengelasan Logam**”. Bandung.

Okumura T, Wiryosumarto H. 1994 “**Teknologi Pengelasan Logam=Welding Engineering**”. Jakarta : Pradnya Paramita.

LAMPIRAN A

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

PADA METODE PENGELASAN GMAW



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
LABORATORIUM WELDING CENTER**

Jl Teknik Kimia – Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111
Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524
www.ppns.ac.id

Name	Fahmy Pamungkas
Welding Procedure	No. 01 Date, 7 – 9 – 2015
Welding Process (es)	GMAW
Joints Design (QW-402)	Butt Joint
Groove	Single Ve
Base Metals (QW-403)	5083 / t 10 mm
Filler Metals (QW-404)	ER 5356 diameter 1,2 mm
Positions (QW-405)	1G
GAS (es)	ARGON 99,9 Flow Rate 15 – 20
Technique (QW-410)	String or Weave

Wel Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Trevel Speed
		Class	Dia	Polarity	Ampere		
1	GMAW	ER 5356	1,2 mm	DCSP	120 A	22 V	73 detik
2	GMAW	ER 5356	1,2 mm	DCSP	120 A	22 V	77 detik
3	GMAW	ER 5356	1,2 mm	DCSP	120 A	22 V	75 detik

LAMPIRAN B

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)
PADA METODE PENGELASAN SMAW



PPNS
POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
LABORATORIUM WELDING CENTER**

Jl Teknik Kimia – Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111

Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524

www.ppns.ac.id

Name	Fahmy Pamungkas
Welding Procedure	No. 02 Date, 7 – 9 – 2015
Welding Process (es)	SMAW
Joints Design (QW-402)	Butt Joint
Groove	Single Ve
Base Metals (QW-403)	5083 / t 10 mm
Filler Metals (QW-404)	E 7015 diameter 1,2 mm
Positions (QW-405)	1G
Technique (QW-410)	String or Weave

Wel Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Trevel Speed
		Class	Dia	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7015	1,2 mm	DCSP	100 A	20 V	76 detik
2	SMAW	E 7015	1,2 mm	DCSP	100 A	20 V	72 detik
3	SMAW	E 7015	1,2 mm	DCSP	100 A	20 V	83 detik

LAMPIRAN C

**HASIL LABORATORIUM UJI BAHAN UNTUK PENGUJIAN TARIK
PADA METODE PENGELASAN GMAW**



PPNS POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
LABORATORIUM UJI BAHAN**

Jl Teknik Kimia – Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111

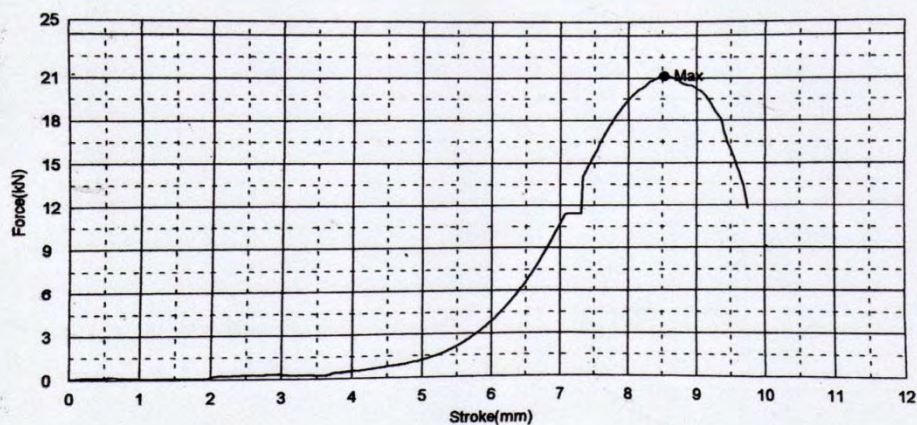
Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524

www.ppns.ac.id

Shape Plate

Units	Thickness (mm)	Width (mm)	Gauge Length	Elongation (%)
T1	11,73	18,83	84,62	3,04

Name Parameter Units	Area (mm ²)	Yield Force 0,1% / FS (kN)	Yield Stress 0,1% / FS (MPa)	Max Force (kN)	Max Stress (MPa)
T1	220,88	-	-	21,16	95,78



Comment

Material putus pada logam las (GMAW)

Perusahaan/Instansi -

Material PLATE ALUMINIUM 5083 THICK 10 mm

Referensi -

LAMPIRAN D

**HASIL LABORATORIUM UJI BAHAN UNTUK PENGUJIAN TARIK
PADA METODE PENGELASAN SMAW**



PPNS POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
LABORATORIUM UJI BAHAN**

JI Teknik Kimia – Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111

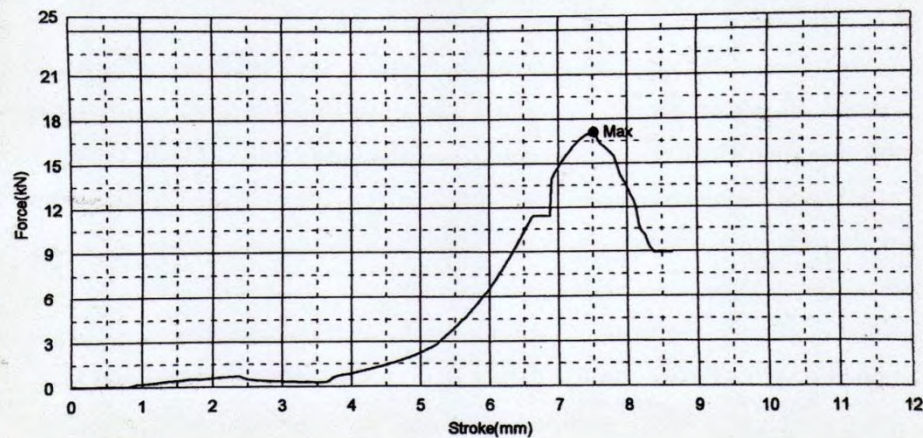
Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524

www.ppns.ac.id

Shape Plate

Units	Thickness (mm)	Width (mm)	Gauge Length	Elongation (%)
T2	11,86	18,93	84,22	2,73

Name Parameter Units	Area (mm ²)	Yield Force 0,1% / FS (kN)	Yield Stress 0,1% / FS (MPa)	Max Force (kN)	Max Stress (MPa)
T2	224,51	-	-	17,11	76,22



Comment

Material putus pada logam las (SMAW)

Perusahaan/Instansi -

Material PLATE ALUMINIUM 5083 THICK 10 mm

Referensi -

LAMPIRAN E

HASIL LABORATORIUM UJI BAHAN UNTUK PENGUJIAN LENGKUNG
(*BENDING*)
PADA METODE PENGELASAN GMAW



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
LABORATORIUM UJI BAHAN**

Jl Teknik Kimia – Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111
Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524
www.ppns.ac.id

TEMPORARY TEST REPORT

No. /PL19.P3M/PJP/2015

*Manufactured for
Specimen*

Material

Welder / Position / Weld Process

Reference

Plate Aluminium 5083 Tebal 10 mm

Rachmat / 1G / GMAW

ASME Section IX edisi 2010

BENDING TEST

Angle of Bend

Diameter Mandrel 50 mm

No.	Sample Stamp & Type of Bend	Type of Discontinuity	Size of Discontinuity (mm)	Remark
1.	Side Bend A1	Open Crack	2,00	Accept
2.	Side Bend A2	Open Crack	2,00	Accept
3	Side Bend A3	Open Crack	2,00	Accept

Note

WM (Weld Metal)

BM Base Metal

FL Fusion Line

HAZ Heat Affected Zone

LAMPIRAN F

HASIL LABORATORIUM UJI BAHAN UNTUK PENGUJIAN LENGKUNG
(*BENDING*)
PADA METODE PENGELASAN SMAW



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
LABORATORIUM UJI BAHAN**

Jl Teknik Kimia – Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111
Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524
www.ppns.ac.id

TEMPORARY TEST REPORT

No. /PL19.P3M/PJP/2015

Manufactured for

Specimen

Material

Welder / Position / Weld Process

Reference

Plate Aluminium 5083 Tebal 10 mm

Rachmat / 1G / SMAW

ASME Section IX edisi 2010

BENDING TEST

Angle of Bend

Diameter Mandrel 50 mm

No.	Sample Stamp & Type of Bend	Type of Discontinuity	Size of Discontinuity (mm)	Remark
1.	Side Bend B1	Open Crack	3,10	Accept
2.	Side Bend B2	Open Crack	12,00	Reject
3	Side Bend B3	Open Crack	12,00	Reject

Note

WM (Weld Metal)

BM Base Metal

FL Fusion Line

HAZ Heat Affected Zone

LAMPIRAN G

PERSIAPAN UJI METALOGRAFI (MAKRO DAN MIKRO)

Persiapan Uji Makro

Agar permukaan logam dapat diamati secara makro, maka terlebih dahulu dilakukan persiapan sebagai berikut :

1. Pemotongan spesimen

Pada tahap ini, diharapkan spesimen dalam keadaan datar, sehingga memudahkan dalam pengamatan.

2. *Surface Grinding* dan *polishing*

Tahap *surface grinding* dan *polishing* ini bertujuan untuk membentuk permukaan spesimen agar benar-benar rata. Untuk proses penggosokanya dilakukan dengan kertas gosok dimulai dari tipe 180, 200, 320. Kemudian setelah permukaan telah digosok merata, maka lanjut dengan tipe 400, 600, 800 sampai 2000. Untuk penggosokkan dilakukan dengan mesin *polisher*.

3. Setelah penggosokan dilakukan sampai *grade* 2000 maka dilakukan penghilangan bekas guratan pada permukaan dengan digosok menggunakan bubuk alumina (pasta gigi beralumina tinggi) dengan menggunakan media kain wol.

4. Etsa (*etching*)

Proses etsa ini pada dasarnya adalah proses korosi atau mengerosikan permukaan spesimen yang telah rata karena proses grinding dan polishing menjadi tidak rata lagi.



Larutan Kimia (*Keller's Reagent*) berupa *Aquades*, HF (*Flouride acid*), HNO_3 (*Nitrate Acid*), dan HCL (*Cloride Acid*).

5. Setelah proses etsa selesai dilakukan, maka spesimen diletakkan di atas plastisin dan diatur dengan menempalkan penekan pada mikroskop supaya permukaan yang diamati benar-benar datar.
6. Kemudian dilakukan pengamatan dengan pembesaran 200x, 500x, 1000x. Daerah yang diamati antara lain base meteal, perbatasan base metal dan HAZ, HAZ, daerah fusi dan logam las. Perlu diingat bahwa cara perhitungan pembesarannya yaitu pada lensa okuler di yang paling dekat yaitu berskala 10x pembesaran, dan untuk mengubah – ubah pembesaran maka lensa objektif yang paling dekat benda yang diubah – ubah. Lensa objektif terdiri atas skala pembesaran 10x, 20x, 50x dan 100x.

LAMPIRAN H

LANGKAH-LANGKAH UJI METALOGRAFI (MAKRO DAN MIKRO)

Langkah-langkah Uji Metalografi.

Untuk pengamatan dengan cara metalografi maka langkah–langkah yang perlu dilakukan yaitu antara lain :

1. Setelah spesimen yang dilakukan pengamatan secara mikro selesai dilakukan, maka spesimen tersebut dioleskan lagi dengan larutan yang bernama *Keller's Reagent* yang terdiri dari 20 (50ml) H₂O distilasi, 20 (25ml) HNO₃ 70%, 20 (15ml) HCL 38% dan 5 (10ml) HF 40%.
2. Untuk pengolesannya dilakukan lebih lama dari proses untuk pengamatan mikro yaitu selama 1 – 3 menit. Untuk kontras yang baik dianjurkan penggunaan kadar HNO₃ yang lebih pekat dan lama.
3. Setelah hasil permukaan sudah cukup gelap untuk diamati, maka dilakukan proses pendokumentasian dengan menggunakan kamera yang bisa diubah ke mode makro.

Setelah gambar diambil maka disimpan di komputer untuk dilakukan analisa selanjutnya.

LAMPIRAN I

LANGKAH-LANGKAH UJI TARIK

(TENSILE TEST)

Langkah-langkah Uji Tarik :

1. Mengukur benda uji dengan ukuran standar
2. Mengukur panjang awal (L_0) atau *gauge length* dan luas penampang irisan benda uji.
3. Mengukur benda uji pada pegangan (*grip*) atas dan pegangan bawah pada mesin uji tarik.
4. Nyalakan mesin uji tarik dan lakukan pembebanan tarik sampai benda uji putus.
5. Mencatat beban luluh dan beban putus yang terdapat pada skala.
6. Melepaskan benda uji pada pegangan atas dan bawah, kemudian satukan keduanya seperti semula.
7. Mengukur panjang regangan yang terjadi.

LAMPIRAN J

LANGKAH-LANGKAH UJI TEKUK

(BENDING TEST)

Langkah-langkah Pengujian Tekuk

1. Menyiapkan Spesimen

- a) Ambil spesimen, gerinda pada permukaan yang akan diamati pada daerah *weld metal*, HAZ, dan sedikit *base metal*. Panjang luasan yang digerinda sekitar 50 mm.
- b) Gerinda sudut-sudut spesimen sepanjang luasan di atas sehingga membentuk *radius*.
- c) Dalam menggerinda, pertama kali gerinda dengan batu gerinda kasar terlebih dahulu, setelah rata baru digerinda dengan batu gerinda yang halus.
- d) Ulangi langkah di atas untuk seluruh spesimen.

2. Kodifikasi

Ambil spidol dan tandai tiap spesimen dengan kode sebagai berikut :

- a) SB A1, SB A2 dan SB A3 untuk spesimen *side bend* pada metode pengelasan GMAW.
- b) SB B1, SB B2 dan SB B3 untuk spesimen *side bend* pada metode pengelasan SMAW.

3. Pengukuran dimensi:

- a) Ambil spesimen ukur dimensinya.
- b) Catat kode spesimen dan data pengukurannya pada lembar kerja.
- c) Ulangi langkah di atas untuk seluruh spesimen.

BIODATA PENULIS



Fahmy Pamungkas lahir di Surabaya, 18 Maret 1993. Anak ketiga dari tiga bersaudara. Pendidikan formal penulis dimulai dengan menyelesaikan jenjang Pendidikan Dasar di SD Negeri Klampis Ngasem I Surabaya pada tahun 2005 dan SMP Negeri 39 Surabaya pada tahun 2008. Kemudian menyelesaikan jenjang Pendidikan Menengah Atas di SMA Negeri 17 Surabaya pada tahun 2011. Setelah lulus jenjang Pendidikan Menengah Atas, penulis melanjutkan pendidikan Perguruan Tinggi yang mana penulis diterima di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Surabaya. Selama menempuh masa perkuliahan, penulis aktif di organisasi kemahasiswaan dan kepanitiaan, juga dalam berbagai pelatihan, seminar dan kegiatan lainnya. Dalam bidang organisasi kemahasiswaan, penulis pernah mendapatkan amanah sebagai Kepala Divisi Club di Departemen Minat dan Bakat HIMATEKLA FTK ITS periode 2013-2014. Penulis pernah berkesempatan untuk menjalankan kerja praktik selama 1 bulan (Januari - Februari 2015) di PT. McDermott Indonesia, Batam, Kepulauan Riau dan juga pernah berkesempatan untuk menjalankan kerja praktik selama 1 bulan juga (Agustus – September 2015) di PT. Mitraartha Gema Pertiwi, Surabaya. Penulis tertarik dengan bidang pengelasan dan ingin mendalaminya, sehingga hal itulah yang mendasari penulis untuk membuat tugas akhir dengan topik pengelasan yang mana tugas akhir penulis berjudul “**Analisa Perbandingan Hasil Pengelasan Menggunakan Metode Smaw Dan Metode Gmaw Terhadap Ketahanan Bending Pada Sambungan Aluminium Seri 5083**”.